PUBLICACIONES RECIENTES PIEB

Indicadores del tiempo y la predicción climática. Estrategias agroecológicas campesinas para la adaptación al cambio climático en la puna cochabambina
Nelson Tapia (coord.), Domingo Torrico,
Miguel Chirveches, Angélica Machaca
PIEB-Embajada Real de Dinamarca

Manejando el riesgo climático de los Andes.El caso de las comunidades aymara quechuas de Chillavi-Ayopaya
Heber Araujo (coord.), Natalie Alem,
Rosmery Pizarro, Pablo Regalsky
PIEB-Embajada Real de Dinamarca

Cambio climático y políticas municipales. Acciones en las comunidades de Aiquile, Challapata y Padcaya.
Daniel Cruz (coord.), Fernando Canedo, Helga Gruberg,
Fabiola Luján, César Pérez, Erika Zelada
PIEB-Embajada Real de Dinamarca

Aportes y dificultades en la utilización de atajados frente al cambio climático en el municipio de Anzaldo
Rolando Oros (coord.), Javier Iriarte,
Félix Rodríguez, Jaime Herbas
PIEB-Embajada Real de Dinamarca

El incienso viene de Apolo: Una estrategia de conservación del bosque en el territorio indígena Leco de Apolo
Jorge Rojas (coord.), Ramiro Vargas,
Wendy Tejeda, Tomás Silicuana
PIEB-Embajada Real de Dinamarca

La senda de la castaña. Retos para el manejo sostenible de la castaña en diez comunidades del norte amazónico de Bolivia
Jasivia Gonzales (coord.), Marcos Terán, Abraham Poma,
Sofia Condo, Nohelia Mercado, Felzi Gonzales
PIEB-Embajada Real de Dinamarca

La cadena de valor del pescado en el norte amazónico de Bolivia: La contribución de especies nativas y de una especie introducida (el paiche-Arapaima gigas)
Claudia Coca, Gabriela Rico, Fernando M. Carvajal,
Roxana Salas, John M. Wojchiechowski,
Paul A. Van Damme
PIEB-Embajada Real de Dinamarca

Bosque y agua para la vida del pueblo Leco: Estudio en seis comunidades indígenas de Apolo
Oscar Loayza (coord.), Leonardo Sompero,
Pablo Blacutt, Diego Rivero
PIEB-Embajada Real de Dinamarca

Ante la cada vez más cercana amenaza del cambio climático, con sus importantes alteraciones en la frecuencia e intensidad de eventos extremos, este texto estudia el departamento del Beni, uno de los más vulnerables a dichos eventos, buscando analizar la relación entre inundaciones e incendios en la cuenca del río Mamoré durante los años 2000 a 2010, además de otras variables climáticas.

Mediante sensores remotos, logró determinar la ocurrencia e intensidad de incendios e inundaciones a lo largo de este período. Como resultado, los registros climáticos de todas las estaciones climáticas del Beni muestran un incremento gradual de la temperatura y precipitación promedio, así como la relación positiva entre el número de focos de calor y la superficie de las áreas quemadas y su impacto medioambiental. Adicionalmente, se apoyó en entrevistas a pobladores locales para conocer su percepción de los daños producidos por los incendios descontrolados y su conocimiento sobre los programas de mitigación.

La integración de un análisis espacial, temporal y social identificó factores que crean condiciones ideales para la expansión de incendios. Esta metodología puede sentar las bases para establecer un sistema de predicción de situaciones extremas, así como para evaluar las actuales políticas aplicadas para el control de fuego y, por último abrir brechas para realizar estudios similares en otras regiones del país que sufren estas calamidades, buscando poder disminuirlas o, al menos, controlarlas.


ISBN: 978-99954-57-45-7


2012

INUNDACIONES E INCENDIOS


INVESTIGACIÓN AMBIENTAL



Danida

PIEB



INUNDACIONES E INCENDIOS
Elementos para un acercamiento integral al problema en el Beni

Mario Baudoin Weeks

Alejandra Domic Rivadeneira
Wendy Tejeda Pérez
Noel Ortuño Riveros
Arely Palabral Aguilera
Edson Ramírez Rodríguez
Rolando Bustillos Cayoja
Javier Calderón Russo

El Programa de Investigación Estratégica en Bolivia (PIEB) inició sus actividades el año 1994, en el marco institucional de la Fundación PIEB. Es un programa de carácter científico, cultural y social, creado con el propósito de contribuir al desarrollo de Bolivia a través de la promoción de la investigación científica sobre temas relevantes y estratégicos.

Los objetivos del PIEB son:

1. Apoyar la investigación orientada a la reflexión y comprensión de la realidad boliviana con la finalidad de contribuir a la generación de propuestas de políticas públicas frente a problemáticas nacionales, promover la disminución de asimetrías sociales y la inequidad existentes, lograr una mayor integración social y fortalecer la democracia en Bolivia.
2. Incentivar la producción de conocimientos socialmente relevantes y las aproximaciones multidisciplinaras que permitan visiones integrales de la sociedad, promoviendo simultáneamente la excelencia académica. Para el PIEB, desarrollar el conocimiento, investigación y acceso a la información son pilares para que una sociedad pueda afrontar su futuro.
3. Promover la formación de nuevas generaciones de investigadores dando énfasis en la formación de jóvenes. "Investigar formando y formar investigando" es uno de los principales propósitos del PIEB.
4. Desarrollar la capacidad local, regional y nacional de investigación a través de iniciativas de fortalecimiento a recursos humanos e institucionales.
5. Democratizar el acceso al conocimiento, a través de medios de comunicación especializados en investigación, ciencia y tecnología, y la creación de espacios de encuentro entre el Estado, la sociedad civil y la academia.

El año 2008, el PIEB puso en marcha el Programa de Investigación Ambiental (PIEB-PIA) con el objetivo de contribuir a propiciar acciones de cambio a favor del desarrollo sostenible en el país, mediante la formulación de propuestas de investigación que orienten a la toma de decisión y las políticas públicas a nivel local y nacional. En ese marco el Programa desarrolla sus actividades en distintas temáticas ambientales bajo una perspectiva integral, con la consideración de las dimensiones: social, económica, política y territorial.

Inundaciones e incendios

Elementos para un acercamiento integral al problema en el Beni

Inundaciones e incendios

Elementos para un acercamiento integral al problema en el Beni

Mario Baudoin Weeks

Alejandra Domic Rivadeneira
Wendy Tejeda Pérez
Noel Ortuño Riveros
Arely Palabral Aguilera
Edson Ramírez Rodríguez
Rolando Bustillos Cayoja
Javier Calderón Russo



La Paz, 2012

Esta publicación cuenta con el auspicio de la Embajada Real de Dinamarca.

Baudoin Weeks, Mario
Inundaciones e incendios: elementos para un acercamiento integral al problema en el Beni / Mario Baudoin Weeks; Alejandra Domic Rivadeneira; Wendy Tejeda Pérez; Noel Ortuño Riveros; Arely Palabral Aguilera; Edson Ramírez Rodríguez; Rolando Bustillos Cayoja; Javier Calderón Russo. --La Paz: Embajada Real de Dinamarca; Fundación PIEB, 2012.

xvi; 99 p. ; cuads.; grafs.; maps.: 23 cm. -- (Serie Investigación Ambiental)

DL: 4-1-1855-12
ISBN: 978-99954-57-45-7 : Encuadernado

INCENDIOS / INUNDACIONES / CAMBIO CLIMÁTICO / CLIMA / TEMPERATURA AMBIENTAL / FACTORES METEOROLÓGICOS / EFECTO INVERNADERO / MEDIDAS DE PRECIPITACIONES / VIENTO / FOCOS DE CALOR / FUEGO / USO DE FUEGO / CONTROL DE INCENDIOS / PREVENCIÓN DE INCENDIOS / QUEMAS / DEFORESTACIÓN / ÁREAS QUEMADAS / ÁREAS INUNDADAS / INFLUENCIA CLIMÁTICA / ALTERACIONES CLIMÁTICAS / EFECTOS DEL CLIMA / VARIACIÓN CLIMÁTICA / FENÓMENO DE EL NIÑO / EFECTOS DEL CLIMA / MEDIO AMBIENTE / REGISTRO CLIMÁTICO / IMPACTO AMBIENTAL / RIESGOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO / AGRICULTORES / PRODUCCIÓN AGRÍCOLA / AGRICULTURA / VEGETACIÓN NATURAL / FENÓMENOS NATURALES / RECURSOS NATURALES / PÉRDIDA DE COSECHA / COSECHA / CULTIVO / CULTIVO AGRÍCOLA / SEQUÍAS / BOSQUES / BOSQUES INUNDADOS / BOSQUE AMAZÓNICO / CONSERVACIÓN DE BOSQUES / REGENERACIÓN DE BOSQUES / TORMENTAS / LLUVIAS / VIENTOS / ENFERMEDADES / ANÁLISIS DE DATOS / SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA / RÍO MAMORÉ / BENI

1. título 2. serie

Edificio Fortaleza. Piso 6. Oficina 601
Avenida Arce 2799, esquina calle Cordero
Teléfonos: 2432582 - 2431866
Fax: 2435235
Correo electrónico: fundacion@pieb.org
Página web: www.pieb.org / www.pieb.com.bo
Casilla 12668
La Paz, Bolivia

Coordinación de edición: Mónica Navia

Edición: Patricia Montes
Diseño gráfico de cubierta: PIEB
Diagramación: Marco Guerra
Fotografía de portada: http://madalbo.blogspot.com/2010/08/los-incendios-se-extienden-en-109.html
Impresión: Preview Gráfica

Impreso en Bolivia
Printed in Bolivia

Índice

Presentación XI

Prólogo XV

Introducción 1

Capítulo I
Contexto de la investigación 5
1. Antecedentes 5
2. Problemática 9
3. Objetivo 11
    3.1. Objetivo general 11
    3.2. Objetivos específicos 11
4. Zona de estudio 11

Capítulo II
Metodología 15
1. Recopilación de información climática 15
2. Recopilación de información satelital 17
    2.1. Focos de calor 17
    2.2. Áreas quemadas 17
    2.3. Áreas inundadas 18
3. Encuestas a grupos clave 23
4. Recopilación de información periodística 23
5. Análisis de la información 23

Capítulo III
Incendios e inundaciones 25
1. Análisis del clima (2000-2011) 25
2. El clima en la época seca 30
3. El clima en la época húmeda 30
4. Focos de calor 32
5. Áreas quemadas 42
6. Áreas inundadas 46

Capítulo IV
Percepción sobre los incendios 55
1. Percepción local sobre los incendios 55
2. Análisis de la información periodística 59
3. Interpretación y análisis general 64
4. Incendios y cambio climático 69

Capítulo V
Relevancia de los resultados de la investigación en el ámbito social y político 73
1. Normativa vigente relacionada a quemas ilegales 73
2. Atribuciones de entidades relacionadas 74
   2.1. Superintendencia Agraria y Forestal 74
   2.2. La Autoridad de Fiscalización de Bosques y Tierra (ABT) 76
   2.3. El Servicio Nacional de Áreas Protegidas (SERNAP) 76
   2.4. El Viceministerio de Biodiversidad, Recursos Forestales y Medio Ambiente 77

Conclusiones 79

Bibliografía 85

Autores 97

Índice de cuadros

Cuadro 1 Características de las estaciones climáticas para el departamento del Beni 15
Cuadro 2 Clima de las estaciones climáticas ubicadas en el departamento del Beni (2000-2011) 26
Cuadro 3 Beni: clima durante la época seca y húmeda en las estaciones climáticas del departamento (2000-2010) 31
Cuadro 4 Beni: número y porcentaje de focos de calor en época húmeda y seca (2000-2010) 32
Cuadro 5 Beni: ranking de los municipios que registraron la mayor frecuencia de focos de calor 34
Cuadro 6 Beni: área máxima de bosque y sabana inundada (2004-2011) 51

Índice de gráficos

Gráfico 1 Beni: temperatura promedio anual y precipitación total (2000-2011) 27
Gráfico 2 Beni: anomalías de precipitación 29
Gráfico 3 Beni: número de focos de calor registrados (2000- 2010) 33
Gráfico 4 Beni: número de focos de calor por municipio en relación a la temperatura promedio máxima y precipitación total registrada para el año 36
Gráfico 5 Beni: relación entre el número de focos de calor, la temperatura máxima promedio (a), la velocidad promedio del viento (b) y la precipitación total anual (c) (2000-2010) 40
Gráfico 6 Beni: área quemada en el departamento (2000-2010) 43
Gráfico 7 Beni: relación entre área quemada y número de focos de calor (2000-2010) 44
Gráfico 8 Beni: variación temporal de focos de calor, áreas quemadas, precipitación y áreas inundadas (2000-2010) 45
Gráfico 9 Beni: fluctuación del área inundada 51
Gráfico 10 Beni: relación entre número de focos de calor, área de vegetación inundada, área quemada y vegetación inundada durante la época húmeda 53

Índice de mapas

Mapa 1	Delimitación de la zona de estudio	12
Mapa 2	Beni: ubicación de las estaciones climáticas	16
Mapa 3	Beni: imágenes satelitales de inundación durante la época húmeda (izquierda) y época seca (derecha) 2007	21
Mapa 4	Clasificación de la vegetación para el análisis del área inundada	22
Mapa 5	Beni: cantidad de focos de calor por pixel (2000-2010)	35
Mapa 6	Bolivia: imagen satelital de los focos de calor	39
Mapas 7-8	Beni: imágenes de la zona de inundación (enero 2006-septiembre 2006)	47
Mapas 9-10	Beni: imágenes de la zona de inundación (febrero 2004-septiembre 2004)	48
Mapas 11-12	Beni: imágenes de la zona de inundación (mayo 2009-octubre 2009)	49
Mapas 13-14	Beni: imágenes de la zona de inundación (noviembre 2010-abril 2010)	50

Siglas y abreviaciones

AASANA	Aeropuertos y Servicios Auxiliares a la Navegación Aérea
AACN	Autoridad Ambiental Competente Nacional
ABI	Agencia Boliviana de Información
ABT	Autoridad de Fiscalización de Control Social de Bosques y Tierra
AVHRR	Radiómetro Avanzado de Alta Resolución (por sus siglas en inglés)
COE	Centro de Operaciones de Emergencia
CONARADE	Consejo Nacional para la Reducción y Atención de Desastres y/o Emergencias
ENSO	El Niño Oscilación del Sur
ERBOL	Educación Radiofónica de Bolivia
GLM	Modelo linear generalizado
INRA	Instituto Nacional de Reforma Agraria
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - Bolivia
SERNAP	Servicio Nacional de Áreas Protegidas
SISRADE	Sistema Nacional para la Reducción de Riesgos y Atención de Desastres y/o Emergencias
TIM	Territorio Indígena Multiétnico

TIPNIS	Territorio Indígena y Parque Nacional Isiboro-Sécure
VBRFMA	Viceministerio de Biodiversidad, Recursos Forestales y Medio Ambiente

Presentación

Con el objetivo de coadyuvar al desarrollo de estrategias de adaptación a la variabilidad y cambio climático a nivel local, a través de información práctica y de utilidad para la planificación del desarrollo, el Programa de Investigación Estratégica en Bolivia (PIEB), mediante su Programa de Investigación Ambiental, diseñó y promovió durante la gestión 2011, la convocatoria para proyectos de investigación "Agua para la vida y la seguridad alimentaria: adaptación al cambio climático en zonas vulnerables de Bolivia". Este concurso contó con el apoyo de la Embajada Real de Dinamarca y de Oxfam (The Oxford Comitee for Famine Relief).

En esta convocatoria se priorizó como áreas de cobertura geográfica a zonas de Bolivia, específicamente en el ámbito local, altamente vulnerables ante amenazas por eventos climáticos adversos de carácter hidrometeorológico, como: sequía, inundación y helada. En ese marco, en el último semestre de 2011 se llevaron adelante seis trabajos de investigación que centraron su atención en municipios de cuatro departamentos del país: Tapacarí, Aiquile, Cocapata y Anzaldo en Cochabamba, Challapata en Oruro, Yunchará y Padcaya en Tarija y los municipios de Beni.

Las indagaciones de los trabajos se centraron en importantes ejes temáticos para la toma de decisión con respecto a los efectos del cambio climático en medios de vida y seguridad alimentaria, a la gestión integral y la gobernanza del agua, y a la articulación de la adaptación y gestión de riesgos al cambio climático en la planificación del desarrollo. Del total de estudios ejecutados, cinco se están publicando y abordan desde diferentes miradas estos temas.

Una de las investigaciones analizó la relación entre las inundaciones y los incendios en el departamento del Beni a partir de imágenes satelitales, la cuantificación de los focos de calor, entre otros aspectos, y permitió identificar la variación espacial y temporal de los incendios en el departamento observándose una correlación entre las épocas con picos altos de focos de calor y períodos anteriores de extrema sequía. Asimismo, identificó tres municipios recurrentes en los incendios cuya vocación productiva es la ganadería, estableciendo un vínculo entre esta actividad y la vulnerabilidad de estos espacios.

Otro de los trabajos pudo determinar que en las comunidades de la Subcentral Chillavi del municipio de Cocapata (Cochabamba) existen numerosas y variadas prácticas y tecnologías de manejo de riesgos climáticos que están vigentes y forman parte de un conjunto de estrategias campesinas como el manejo vertical de nichos ecológicos utilizando micro-parcelas. Esta investigación demuestra que estas estrategias y las tecnologías empleadas son la base más apropiada para el manejo de los riesgos climáticos y que garantizan, además, la seguridad alimentaria.

En la misma línea, otra investigación analiza las lecciones aprendidas sobre la adaptación de prácticas y estrategias locales al cambio climático relacionada con el cultivo de papa en el municipio de Tapacarí (Cochabamba). El estudio busca generar conocimiento y revalorizar los saberes y prácticas locales; y plantea que el manejo de pisos agroecológicos, pisos altitudinales o microclimas para diversificar la producción agrícola es una estrategia interesante para enfrentar los riesgos ambientales.

La incidencia en las políticas municipales de las estrategias de adaptación al cambio climático fue analizada por otro de los estudios en tres municipios: Challapata en Oruro, Padcaya en Tarija y Aiquile en Cochabamba. La investigación concluye que entre el nivel de adaptación de las comunidades de estudio y el nivel de apoyo y respuesta que reciben de sus municipios no existe una relación directa. También refleja que las comunidades registraron un nivel de adaptación mayor que el nivel de apoyo de los municipios debido a la presencia y al trabajo de otras instituciones en las zonas, y a que la capacidad de respuesta de los municipios es limitada.

Finalmente, el quinto trabajo muestra cómo los atajados pueden constituirse en medidas de reducción de la vulnerabilidad asociada al agua. La investigación plantea que en el caso de estudio, municipio de Anzaldo (Cochabamba), un gran porcentaje de los atajados no tienen la capacidad de retener el agua por períodos de tiempos estimados. En ese marco, identifica los principales problemas detectados en su implementación que pueden ser útiles para futuros emprendimientos y sugiere que debe existir un manejo integral del atajado desde el sistema de captación, almacenamiento y distribución para incrementar los beneficios para las familias productoras que los utilizan.

Con especial satisfacción, el PIEB presenta los resultados y las conclusiones de estas cinco investigaciones, que aportan con valiosos insumos al debate sobre la temática. Destacamos la relevancia, pertinencia y actualidad de los resultados de los trabajos que incluyen datos e información que pueden constituirse en la base para la producción de futuras investigaciones.

Godofredo Sandoval
Director del PIEB

Prólogo

La presente publicación presenta un estudio sobre dos fenómenos muy relevantes para Bolivia, los incendios e inundaciones que se dan en las pampas del departamento del Beni. Con un enfoque novedoso, se intenta caracterizar estos procesos (socio)naturales y asociarlos. Como el lector puede imaginarse, el desafío científico es grande, por la complejidad de los sistemas de la Tierra que están por detrás y su interacción.

En las primeras partes del texto se repasa, a partir de fuentes propias, las características de la distribución, frecuencia e impacto de los procesos de interés. Este laborioso trabajo de identificar el comportamiento de las inundaciones e incendios en una década es por sí solo digno de un estudio propio. Los resultados son interesantes, particularmente por capturar años "extremos" donde la ocurrencia de fuego o inundación se aparta del comportamiento promedio.

Sin embargo, la investigación va más allá. Para aumentar la aplicación de lo que se estudia es necesario poder entender los diversos factores que determinan los fenómenos. Es ahí que el presente estudio da los primeros pasos, comparando las características particulares que dejan las inundaciones y que podrían aumentar la susceptibilidad a los incendios de áreas herbáceas y de bosque. Adicionalmente, se incorporan algunas entradas directamente en el terreno, con percepciones de las personas que sienten los fenómenos.

Aunque existen algunos productos utilizables, el esfuerzo del estudio necesita verse como preliminar debido al poco tiempo que tuvo e invita a que más investigadores continúen con la comprensión de

estos fenómenos. Este es el tipo de investigación aplicada en la que necesita invertir el país para asegurar su desarrollo. Los altos costos de atender las consecuencias de los fenómenos naturales llaman a que se trabaje en herramientas de prevención y alerta.

En conclusión, el presente estudio tiene un gran valor tanto por generar información básica sobre procesos que impactan a la población como por sentar las bases para mecanismos que pronostiquen y guíen acciones de atención a los impactos de las inundaciones e incendios. Los productos generados son relevantes a las medidas de adaptación al cambio climático y gestión de riesgos que requiere el país. Queda entonces que las autoridades correspondientes, de los niveles municipales, departamentales y nacionales, sepan aprovechar la información y recomendaciones que aporta.

Eric Armijo, MA en Geografía
Analista en cambio climático y servicios ambientales
FAN-Bolivia

Introducción

Los cambios en el clima producto del calentamiento global tendrán importantes impactos sociales y económicos, especialmente en los países en vías de desarrollo. Las alteraciones en el clima producirán cambios significativos en la frecuencia e intensidad de eventos extremos, tales como olas de calor, sequías e inundaciones (IPCC 2001).

Una gran proporción de la población en Bolivia es vulnerable a los desastres naturales y al cambio climático. El departamento del Beni, en particular, es afectado periódicamente por inundaciones estacionales e incendios. Durante la época húmeda el aporte de agua de la parte alta de las cuencas del Mamoré y del Beni, además de las lluvias locales, producen la crecida de ríos y la inundación de una gran proporción del departamento. Por otra parte, durante la época seca son frecuentes los incendios descontrolados originados principalmente por la quema de pastizales —que se utilizan como alimento de ganado vacuno— para estimular su rebrote, y en menor proporción para habilitar tierra para el cultivo agrícola.

La presente investigación tiene como objetivo analizar las relaciones entre las inundaciones e incendios en la cuenca del río Mamoré durante el período 2000-2010 y el rol que juegan otras variables climáticas (como temperatura, precipitación y viento) en estos fenómenos.

Con este propósito, se emplearon sensores remotos para determinar la ocurrencia e intensidad de incendios e inundaciones a lo largo de este período de once años en el departamento del Beni. Adicionalmente, se realizaron entrevistas a pobladores locales para conocer su

percepción de los daños producidos por incendios descontrolados y el conocimiento que tienen sobre los programas de mitigación. Los datos se cotejaron y complementaron con información de notas periodísticas de medios disponibles en internet.

El análisis de los registros climáticos de todas las estaciones climáticas del Beni mostró un incremento gradual de la temperatura y precipitación promedio entre 2000 y 2011. Algunos años fueron particularmente calientes y secos (2004, 2005 y 2010) y otros húmedos (2007 y 2009).Los resultados muestran una alta variabilidad en la cantidad de focos de calor entre municipios y años, influenciada parcialmente por las condiciones climáticas del año en curso. Los años con mayor cantidad de focos de calor en el período estudiado (2004, 2005 y 2010) se caracterizaron por ser particularmente secos. Especialmente durante 2005 y 2010 la Amazonía sufrió intensas sequías, principalmente en la región sureste (Brasil, Bolivia y Perú). Asimismo, se observó una relación positiva entre el número de focos de calor y la superficie de las áreas quemadas, indicando que los años en que se produjo más fuegos también fueron aquellos en que se produjo más destrucción de vegetación, ya sea de pastizales o de bosques.

El clima, particularmente la temperatura máxima, la baja precipitación y la velocidad del viento, influyeron significativamente en el número de focos de calor. Las altas temperaturas y fuertes vientos facilitaron la combustión de la vegetación, así como la expansión de incendios hacia zonas aledañas. Por otro lado, fuertes precipitaciones mantuvieron la vegetación y el suelo húmedo, inhibiendo la combustión de los pastos.

La frecuencia de los incendios por mes mostró un comportamiento cíclico, caracterizado por picos de focos de calor a finales de la época seca (agosto y septiembre), cuando hay poca precipitación pluvial. Es muy probable que la periódica inundación de las pampas benianas durante la época húmeda también inhibiera la quema de la vegetación. El análisis de imágenes satelitales mostró que, en algunos años, una alta proporción de la vegetación se mantuvo inundada hasta mediados de la época seca, manteniendo la vegetación húmeda y saturando los suelos con agua. Sin embargo, los resultados de esta

investigación sugieren una alta complejidad espacial y temporal, relacionada con la dinámica de inundación, precipitaciones locales y regeneración de la vegetación, que requiere ser abordada en futuras investigaciones.

En relación a la percepción local, los diversos grupos encuestados coinciden en que las principales causas de los incendios descontrolados y de los daños consecuentes son producto de: (i) la poca capacitación sobre técnicas para mitigar incendios (ii) la falta de difusión sobre información de incendios forestales; (iii) el burocrático trámite de solicitud de permiso de quema que otorga la ABT y que demora en dar los resultados; y (iv) la falta de concientización en la gente. Los grupos sociales también resaltan que el uso del fuego para actividades económicas, como regeneración de pastos y habilitación de tierras de cultivo, requieren del compromiso social de la población para evitar los desastres socio-ambientales que producen los incendios descontrolados, así como un marco legal adaptado a la realidad del lugar.

Finalmente, la investigación aporta con importantes elementos que permiten aportar al entendimiento de la dinámica de los incendios en el departamento del Beni. La integración de un análisis espacial, temporal y social identificó factores que crean condiciones ideales para la expansión de incendios. El desarrollo de futuras políticas públicas para la mitigación de incendios requiere de un marco que considere la incertidumbre asociada a variaciones climáticas producto del calentamiento global.

Para concluir, un factor importante que determina el impacto de los incendios es la duración y la extensión de las inundaciones y las lluvias en la región, ya que éstas son necesariamente factores que favorecen el incremento del material combustible en el área. Para conocer la relación entre focos de calor, áreas inundadas y áreas quemadas hemos tratado de evaluar la correlación entre estos factores y la superficie quemada y el número de focos de calor. Esta información permitirá desarrollar un modelo para analizar la evolución de los incendios y las inundaciones en la región del Beni, y en base a éste proponer un sistema de manejo y prevención de incendios.

El presente estudio está dividido en capítulos. En su capítulo I, nos introduce al riesgo del cambio climático en el planeta, en nuestro país, en la Amazonía y, más específicamente, en la zona de estudio: el departamento del Beni. Plantea además los objetivos del estudio.

El segundo capítulo nos informa de la metodología utilizada para obtener la diferente información —climática, satelital, periodística, encuestas— y el análisis de esta información.

El capítulo III analiza el clima en sus diferentes épocas (secas y lluviosas) e intenta establecer la relación de éstas y sus características con los focos de calor, así como la relación de éstos con las áreas quemadas y las áreas inundadas, durante el período analizado.

En el capítulo IV nos habla de la percepción que sobre los incendios tienen los distintos grupos de habitantes de la región, a partir de entrevistas realizadas (por ejemplo, qué años fueron los que tuvieron los peores incendios, a qué se deben lo incendios, técnicas para controlarlos, conocimiento sobre disposiciones legales al respecto, etc.). Asimismo, analiza la información periodística durante 2001-2010, así como el papel del fuego en la Amazonía y en la cultura de sus habitantes, así como su relación con los incendios y el cambio climático

En el capítulo V enumera a las entidades relacionadas con el control de incendio y los reglamentos con que cuentan para llevar adelante su trabajo

Las conclusiones a que llega en el capítulo respectivo deberían permitir prever años de grandes incendios y tomar medidas al respecto. Asimismo, sugiere a las autoridades que los permisos de quema se emitan lo antes posible, pues cuanto más avanzada está la estación seca, más incontrolables serán los incendios, que se ven frenados cuando la vegetación está todavía húmeda porque la estación de lluvias recién ha concluido. De tenerse en cuenta estas recomendaciones, se podrá aportar a disminuir los incendios.

CAPÍTULO I

Contexto de la investigación

1. Antecedentes

El cambio climático constituye uno de los mayores retos a ser enfrentados por las sociedades humanas. Se estima que en promedio las temperaturas globales se incrementarán entre 1,1 y 6,4 °C para finales del siglo XXI (IPCC 2007). Los cambios temporales y espaciales en temperatura y precipitación producto del calentamiento global tendrán importantes impactos sociales y económicos, especialmente en poblaciones en situaciones de pobreza, afectando también a la salud y la seguridad alimentaria. Alteraciones en el clima producirán cambios en la frecuencia e intensidad de eventos extremos, tales como olas de calor, sequías, ciclones e inundaciones (IPCC 2001).

El enfrentar los riesgos naturales derivados del cambio climático constituye un reto para países en vías de desarrollo, puesto que aquellos afectan programas orientados a la reducción de la pobreza y promoción de desarrollo sostenible (IPCC 2001). En muchos de los países en vías de desarrollo, los eventos climáticos extremos tienden a retardar el desarrollo a largo plazo porque grandes cantidades de dinero que podrían ser destinadas al mejoramiento de la calidad de vida son invertidas en asistencia a la población y a la reconstrucción después de desastres naturales. Muchos países todavía carecen del conocimiento y la tecnología para poder establecer mecanismos de adaptación al cambio climático; una de las principales limitaciones en este sentido es la poca capacidad para poder lidiar con eventos extremos de difícil predicción.

En el caso de Bolivia, una gran proporción de la población es vulnerable a desastres naturales y al cambio climático. Registros señalan que entre 2000 y 2009, 911 personas fallecieron y más de 2.000.000 fueron afectadas por desastres naturales (IFRCRCS 2010). En las tierras bajas eventos extremos, como tormentas, sequías, vientos huracanados e inundaciones, produjeron importantes pérdidas económicas, particularmente en la producción agrícola y ganadera, daños y destrozos a infraestructura y aparición de enfermedades infecciosas (MMAA 2009, Githeko *et al.* 2000).

En la Amazonía el fuego juega un rol importante en la dinámica de formación de la vegetación, como pastizales e islas de bosques (Hughes *et al*. 2000). Si bien muchos tipos de vegetación son quemados en la actualidad, como los bosques húmedos, bosques secos y pastizales, la periodicidad y frecuencia varían en tiempo y espacio (Ramos-Neto y Pivello 2000).

Aunque la mayoría de los diferentes tipos de vegetación es quemada periódicamente, existen ecosistemas sensibles al fuego, así como otros que son resistentes a él. Los bosques tropicales húmedos, a pesar de ser poco propensos a este fenómeno, son particularmente sensibles al fuego y la mayoría de las especies de plantas presentes no resisten la quema, produciéndose una alta mortalidad de árboles y hierbas después de un incendio, que son reemplazados consecutivamente por otro tipo de vegetación degradada y pobre en especies. Los pastizales y sabanas, en cambio, son particularmente resistentes al fuego. Durante la época seca, los restos vegetales de pastos pierden humedad y se vuelven altamente inflamables, produciéndose algunos incendios por la caída de rayos (Ramos-Neto y Pivello 2000).

Los fuegos de origen natural son considerados como un elemento común en las sabanas, jugando un rol en la estructuración del paisaje y en la evolución de las especies vegetales. Sin embargo, durante las últimas décadas se ha observado un dramático incremento en la frecuencia de incendios, la mayoría de los cuales tienen origen antrópico. El rápido incremento en la frecuencia e intensidad de los incendios en la Amazonía se ha convertido en un problema ambiental, generando una presión política y social sobre los Gobiernos para

regular el uso del fuego y disminuir las tasas de deforestación en los bosques amazónicos.

En la actualidad, el fuego constituye una herramienta de bajo costo, utilizada ampliamente para el manejo de los pastizales y empleada en actividades económicas tanto a gran escala como de subsistencia (Walker 2003, Sorrensen 2004). Los incendios son comúnmente utilizados para eliminar la vegetación natural y habilitar el área para diversas actividades económicas, entre ellas el cultivo agrícola, así como para promover el crecimiento de pastizales que serán utilizados como áreas de pastoreo para el ganado vacuno. La expansión descontrolada de los incendios hacia zonas aledañas puede producir la quema no deseada de grandes extensiones de vegetación natural, particularmente bosques primarios y secundarios. Las consecuencias de los fuegos descontrolados pueden ser catastróficas, afectando negativamente la producción de alimentos, la salud humana, la calidad del suelo y del agua y la permanencia de comunidades biológicas (Arima *et al*. 2007, Carmenta *et al*. 2011).

El departamento del Beni es frecuentemente afectado por dos problemas ambientales de recurrencia periódica: las inundaciones estacionales y los incendios de pastizales naturales. Durante la época húmeda, la crecida de los ríos pertenecientes a la cuenca amazónica y las precipitaciones locales producen la inundación de una gran proporción del departamento (Dunne *et al*. 1998, Josse *et al*. 2007), en tanto que durante la época seca son frecuentes los incendios descontrolados originados por la quema de pastizales para estimular el rebrote de pastos para el ganado vacuno y, en menor proporción, para habilitar tierra para el cultivo agrícola (Arima *et al*. 2007, Adeney *et al*. 2009).

Según Jean Luc Bourrel (1999), la dinámica de inundaciones considera dos tipos de fenómenos: el endógeno y el exógeno, dependiendo de si las precipitaciones se originan en el área de inundación o en áreas externas, respectivamente. Esta característica hace que el proceso de inundación esté supeditado a la distribución de precipitaciones en la parte alta de la cuenca (en cordillera o pie de monte) o en la parte baja de la cuenca (lluvias locales en la llanura). Dependiendo de si la lluvia se produjo en la parte alta o baja, la respuesta

hidrológica será diferente. Una tercera situación se presenta cuando las lluvias se originan tanto en la parte alta como en la parte baja, lo cual produce inundaciones extremas. Por otro lado, según trabajos realizados por Josiane Ronchail, la generación de inundaciones en el Beni depende además de otros factores, como el grado de saturación del suelo: precipitaciones dentro de los valores normales pueden producir inundaciones extremas si el año anterior hubo una saturación del suelo.

Existen complejas interacciones sociales, económicas y ambientales que influyen en la vulnerabilidad de la población beniana, lo cual influye en la proporción de la población preparada para lidiar y recuperarse de desastres naturales. Entre algunos determinantes a la vulnerabilidad figuran la densidad y el crecimiento poblacional, el uso del suelo, la degradación ambiental, la pobreza y la desigualdad social (ISDR 2001, Thomalla *et al.* 2006, Oxfam 2010).

Si bien actualmente existe un conocimiento sobre las características de los incendios, las inundaciones (área de riesgo, frecuencia y probabilidad de recurrencia) y las características de la población vulnerable (tales como distribución geográfica, actores sociales afectados), la relación entre estos fenómenos ha sido escasamente investigada.

Una adaptación efectiva al cambio climático por parte de la sociedad boliviana requiere una comprensión de los cambios de las inundaciones e incendios en el espacio y el tiempo, así como la capacidad para predecir la magnitud y frecuencia de los mismos (Thomalla *et al*. 2006). El desarrollo de metodologías y herramientas efectivas que permitan mejorar la capacidad de predecir eventos extremos ayudará a mejorar y consolidar los programas de control y manejo, reduciendo así los daños económicos y sociales (Thomalla *et al*. 2006).

En este sentido, la presente investigación realiza una aproximación integral a los factores ambientales y sociales involucrados en la dinámica espacial y temporal de incendios e inundaciones en el departamento del Beni. Para ello se empleó sensores remotos que permitieron determinar las áreas afectadas tanto por incendios como por inundaciones en un período de once años (2000-2010), información

que fue complementada con registros climáticos. Adicionalmente, se realizaron entrevistas a pobladores locales para determinar los daños ocurridos por incendios descontrolados, el conocimiento sobre programas de mitigación y sobre las organizaciones gubernamentales que juegan un rol de apoyo a la población cuando se producen desastres naturales.

2. Problemática

Actualmente existe un alto grado de consenso respecto al cambio climático producto de la actividad humana. Sin embargo, este consenso se refiere principalmente a que existen cambios a nivel del planeta que van a crear situaciones nuevas en los distintos contextos existentes. No queda tan claro, por otra parte, cuáles serán los detalles en cada una de las regiones del planeta. Se espera que en algunos lugares se produzcan cambios muy drásticos, mientras que en otros espacios serán más moderados (Ackerly 2010, Sears *et al*. 2011).

Como además estamos tratando con situaciones nuevas, el grado de incertidumbre es relativamente alto y existe una diversidad de modelos con una correspondiente diversidad de proyecciones. En alguna medida, estos modelos reflejan la identidad de sus proponentes en términos de su preocupación por sus propios países o regiones. Una de las áreas que ha recibido bastante atención ha sido la Amazonía, principalmente por ser una de las áreas con mayor diversidad de especies del planeta. El impacto del cambio global, con todo, ha de ser diferente dentro de los distintos ecosistemas aun dentro de la propia Amazonía. Bolivia se encuentra en la frontera sudoeste de la Amazonía, en un área de transición a los ecosistemas templados del sur. Algunas estimaciones consideran, por ejemplo, que ésta es justamente la región que va a recibir el mayor impacto del cambio global, como por ejemplo la reducción de los glaciares en la cordillera andina (Francou *et al.* 2005, Soruco *et al.* 2008, Chevallier *et al.* 2011).

En las zonas bajas de Bolivia encontramos desde bosques húmedos tropicales hasta regiones muy propensas a la desertificación y expuestas a periódicas sequías (Navarro 2002). Si bien existe una amplia discusión sobre los escenarios que resultarán del cambio, existe también una percepción generalizada de que se ha incrementado

la frecuencia de eventos extremos (Timmermann *et al.* 1999, Arenas 2009).

Quizá los principales eventos extremos en términos climáticos en las zonas bajas de Bolivia son las inundaciones y las sequías periódicas. Estos eventos han sido asociados a dos fenómenos globales de carácter climático: El Niño y La Niña (Arenas 2009). Ambos se traducen en cambios en las precipitaciones que resultan en inundaciones o sequías, que a su vez impactan fuertemente en el crecimiento de la vegetación en grandes áreas de las tierras bajas de Bolivia. Una de las preguntas que se ha planteado con mayor intensidad en la comunidad científica en los últimos años es el impacto que tendrá el incremento de estos fenómenos extremos en la Amazonía, que —como ya se indicó— es una de las áreas de mayor biodiversidad. Existe un cierto grado de urgencia en la pregunta en vista de que hay indicios de que el cambio global se ha acelerado dramáticamente estos últimos años.

Hasta hace poco existía una percepción relativamente generalizada de que la Amazonía, por los altos niveles de precipitación en el área de los bosques, estaría poco expuesta a algunos de los fenómenos que afectan la regeneración de los bosques en otras regiones. En particular, los fuegos se percibían en la Amazonía central como de menor importancia que en otras latitudes. Sin embargo, esta imagen ha cambiado y actualmente se considera que los impactos de los fuegos pueden ampliarse drásticamente en las zonas y afectar las posibilidades de regeneración del bosque (Cochrane y Schulze 1999, Cochrane y Barber 2009, Phillips *et al*. 2009). En realidad, el fuego siempre ha estado asociado a la dinámica de algunos ecosistemas. Tal es el caso de las sabanas, las que en todo el planeta siempre han estado asociadas al fuego, ya sea éste de origen antrópico o no. El Estado boliviano ha dedicado mucha atención desde el punto de vista normativo al problema de los incendios o fuegos descontrolados en las áreas rurales de Bolivia. Cada año en determinada época la humareda producida por los fuegos llega a ocasionar el cierre de aeropuertos en todas las zonas bajas del país, a producir afecciones respiratorias en la población de la región y, en los casos más extremos, el fuego ha causado muertes (BBC-World News 2010, Bolpress 2010/08/20). El fuego, sin embargo, es parte integral del ecosistema

de las sábanas benianas y de algunos bosques como los palmares de cusi *(Attalea speciosa)* del norte del departamento de Santa Cruz.

3. Objetivo

3.1. Objetivo general

El objetivo general de este estudio es identificar si existe una relación entre inundaciones y precipitación y la intensidad y/o extensión de incendios en el departamento del Beni.

3.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos que este trabajo persigue son:

1. Analizar la relación entre la ocurrencia de inundaciones, las características de la precipitación y la dinámica de los incendios.
2. Plantear recomendaciones para apoyar la planificación integral de la defensa contra incendios forestales y pastizales.

4. Zona de estudio

El Beni es el segundo departamento en extensión territorial de Bolivia: con 213.564 km^2, representa cerca del 20% de la superficie total del país. La mayor parte del departamento tiene límites naturales claramente definidos, como el río Beni al noroeste, el río Iténez al noreste y las serranías occidentales de la cordillera andina al suroeste, en tanto que al sureste la demarcación ya no es tan clara. El Beni se caracteriza por una geomorfología particular de muy poca inclinación, por lo que queda sujeto a pequeñas inundaciones anuales o a grandes inundaciones cada cierto número de años, que pueden llegar a cubrirlo casi en su totalidad (véase mapa 1).

Por lo general, la vegetación dominante está representada por formaciones de sabanas (pampas), bosques semideciduos continuos o en islas, bosques de palmeras, bosques ribereños (*ripario*) y bosques de várzea, entre otros (Beck y Moraes 2004). Cada formación vegetal está sujeta a un proceso de sucesión particular que propone cambios temporales en su estructura y composición. La configuración y dinámica

de las comunidades vegetales son el resultado de los aportes abruptos y graduales de agua, que sobrepasan estacionalmente la capacidad del curso del río y que, junto con el aporte de las precipitaciones locales, generan todos los años algún grado de inundación.

Mapa 1
Delimitación de la zona de estudio

Leyenda Lagunas Ríos permanentes Beni

Fuente: Elaboración propia.

Es así que el grado de drenaje y la susceptibilidad a la inundación, junto con las propiedades del suelo, serán las variables que controlarán la ecología y la segregación espacial de los tipos de vegetación y los ecosistemas de esta zona (Navarro 2002, Pouilly *et al.* 2004). La llanura beniana representa un mosaico de formaciones

vegetales, cuya variación espacial y temporal origina en la zona una combinación única y un paisaje altamente heterogéneo; su dinámica hidrológica particular la hace comparativamente distinta del resto de las ecorregiones que existen en el país.

Las llanuras benianas no pueden considerarse ni estrictamente acuáticas, ni estrictamente terrestres (Pouilly *et al*. 2004), ya que una parte del año se encuentran anegadas y la otra parte están libres de inundación. Así, los diferentes tipos de vegetación de estas llanuras dependen principalmente del nivel de anegamiento de los suelos en la época húmeda. Las inundaciones se generan principalmente a partir de las lluvias que se registran en las cuencas altas de los Andes. Las aguas que descienden de esta cordillera son turbias y se denominan aguas blancas porque están cargadas de sedimentos, y los bosques asociados a este tipo de aguas se denominan comunidades de várzea. El río Mamoré es el principal generador de las grandes inundaciones en Moxos y trae aguas blancas. Asimismo, las aguas que se generan en las mismas llanuras benianas o en sus inmediaciones a partir de las lluvias locales, cuyos aportes son más bajos, originan los arroyos de aguas negras. Se denominan así debido a que contienen compuestos derivados del humus, que es más o menos abundante en estas zonas bajas y húmedas y que les confiere un color oscuro (Beck *et al.* 2008).

La llanura beniana representa una región particular debido al hecho de que en ésta confluyen especies y géneros de amplia distribución neotropical pero con diferentes afinidades biogeográficas, entre ellos amazónicos, del cerrado, chiquitanos, chaqueños y de amplia distribución tropical que configuran comunidades vegetales únicas. Asimismo, los relevamientos botánicos y las caracterizaciones florísticas realizadas hasta la fecha sugieren que el nivel de endemismo es relativamente bajo (Navarro 2002, Beck y Moraes 2004, Orellana *et al*. 2004, Maldonado y Beck 2004, Sanjinés y Beck 2004). Se estima que la llanura beniana en su totalidad, incluyendo las formaciones boscosas contiguas, alberga cerca de 5.000 especies de plantas, y que las sabanas, por sí solas, contienen 1.500 de estas especies (Beck y Moraes 1997). Para la llanura de inundación de la región central del río Mamoré se ha reportado la presencia de cerca de 900 especies (Beck y Moraes 2004). Familias como Aquifoliaceae, Burmanniaceae, Caryocaraceae, Droseraceae, Potaliaceae, Symplocaceae, Theaceae

y Zamiaceae están bien representadas en las sabanas del norte (Hanagarthy Beck 1996), mientras que Achatocarpaceae, Aristolochiaceae, Ebenaceae, Limnocharitaceae, Najadaceae, Phytolaccaceae, Portulacaceae, Salicaceae, Typhaceae y Urticaceae son exclusivas de las sabanas del sur (Beck y Moraes 2004). Esta breve descripción resalta el papel ecológico y las peculiaridades biogeográficas de las comunidades vegetales que forman parte del Beni. No obstante, además del efecto de la dinámica hidrológica, la fisonomía actual y la composición de la flora de la zona también estarían estrechamente asociadas con sus históricas —y, sin duda, futuras— relaciones con las poblaciones humanas existentes.

En resumen, la llanura beniana muestra una interesante gama de subformaciones vegetales y de especies, constituyéndose en un área única y valiosa. Visiblemente, la dinámica de inundaciones-sequías, junto con las actividades antrópicas que se realizan en la zona, como la ganadería y el fuego, caracterizan a la zona y han originado en el paisaje una distribución en mosaico, donde alternan parches de vegetación natural, tierras de pastura y comunidades vegetales en diferentes estados de sucesión, estas últimas estrechamente asociadas al gradiente de humedad del lugar.

CAPÍTULO II
Metodología

1. Recopilación de información climática

Usando la página web[1] se obtuvo información climática de nueve localidades ubicadas en el departamento del Beni, Bolivia, para el período 2000 a 2011 (cuadro 1, mapa 2).

Cuadro 1
Características de las estaciones climáticas para el departamento del Beni

Localidad	Estación climática	Latitud	Longitud	Elevación (msnm)
Guayaramerín	850330 (SLGY)	-10.81	-65.34	130
Magdalena	851140 (SLMG)	-13.33	-64.15	140
Reyes	851400 (SLRY)	-14.31	-67.36	140
Riberalta	850430 (SLRI)	-11	-66.11	141
Rurrenabaque	851410 (SLRQ)	-14.46	-67.48	204
San Borja	851520 (SLSB)	-14.87	-66.76	194
San Ignacio de Moxos	851530 (SLSM)	-14.91	-65.63	160
Santa Ana	851230 (SLSA)	-13.76	-65.58	144
Trinidad	851540 (SLTR)	-14.81	-64.95	155

Fuente: Elaboración propia.

Cada estación climática brindaba la siguiente información diaria: temperatura promedio (ºC), temperatura máxima (ºC), temperatura mínima (ºC), presión atmosférica a nivel del mar (mb), humedad

1 http://www.tutiempo.net/clima/Bolivia/BO.html

relativa media (%), precipitación total (mm), visibilidad media (km), velocidad media del viento (km/h), velocidad máxima sostenida del viento (km/h), número total de días en que hubo lluvia o llovizna, número total de días en que hubo tormenta y número total de días en que hubo niebla.

Mapa 2
Beni: ubicación de las estaciones climáticas

Estaciones climáticas

1 Guayamerín
2 Magdalena
3 Reyes
4 Riberalta
5 Rurrenabaque
6 San Borja
7 San Ignacio de Moxos
8 Santa Ana
9 Trinidad

Fuente: Elaboración propia.

2. Recopilación de información satelital

2.1. Focos de calor

Se descargó información de la cantidad de focos de calor para los años 2000-2011 a través de la página web del sensor MODIS[2] —Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer—, sensor que cuenta con un canal creado específicamente para la detección de fuegos. Este sensor se encuentra en los satélites de órbita polar TERRA de la Agencia Nacional del Espacio y Aeronáutica (NASA) (Csiszar *et al*. 2005). A partir de la información obtenida —datos en formato shapefile (*.shp) correspondiente a Sudamérica—, se hizo la selección de datos para el departamento del Beni usando el programa ArcGIS 10.

Una vez obtenida la información para el área de estudio se exportó en formato *.dbf, para transformarla finalmente en un cuadro de Excel, conteniendo la siguiente información: Id (identificación de cada registro), Lat (latitud en grados decimales), Long (longitud en grados decimales), Data (fecha), Hora, Satélite, Municipio, Uf (seleccionando el departamento del Beni), País, Vegetacao (tipo de vegetación), Suscet (grado de confiabilidad de la información), Prec (grado de precisión de la información) y Bioma. Sobre dicha base se realizó una revisión y limpieza completa de la información sobre las columnas: Municipio, Uf y Bioma, eliminando información perteneciente a otros departamentos y municipios. Con respecto a Bioma, se excluyó la información correspondiente a "agua" con el fin de trabajar con información confiable.

Finalmente se contabilizó la cantidad de focos de calor presente en todos los meses de los años 2000-2011. Esta información permitirá analizar las áreas de mayor concentración de focos de calor para todo el período de estudio.

2.2. Áreas quemadas

Se identificó la cobertura de áreas quemadas disponibles para el continente americano través de la página web de MODIS: http://

2 http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/

modis-fire.umd.edu/BA_getdata.html, que se descargaron de su servidor en ftp (ftp://ba1.geog.umd.edu), con información estructurada jerárquicamente por ventana (Win 06 para Sur América), descargándose todos los meses apara los años 2000-2011 (Boschetti *et al.* 2009).

Se obtuvo de once a doce coberturas por año en formato raster (*.tiff) a una resolución de 500 m, identificándose en cada imagen las áreas quemadas por día juliano al inicio de cada mes. Por ejemplo, el código A2000092 corresponde al mes de abril.

Una vez descargadas todas las imágenes por mes para el período de estudio, se hizo una clasificación de cada una de ellas para reconocer los códigos (0-10000) de cada imagen: áreas no quemadas, gases (aerosol), agua, o falta de datos, como se los detalla a continuación:

- 0 – área no quemada
- *1-366 – días julianos de quema*
- 900 – alta concentración de aerosol
- 9998 – cuerpos de agua (continentales)
- 10000 – insuficiencia de datos del período

Se trabajó con las coberturas de los meses que presentaban información correspondiente a los días julianos en que se registró quemas, obteniéndose información hasta agosto de 2011. Una vez definidas las áreas quemadas por mes y por año, se hizo el cálculo de la superficie de las mismas en hectáreas cuadradas (ha^2).

2.3. Áreas inundadas

Se descargó la información de una galería de imágenes satelitales disponibles diariamente entre 2004 y 2011 de la página de MODIS http://lance-modis.eosdis.nasa.gov/imagery/subsets/?subset=FAS_Bolivia. Las imágenes tienen una combinación de bandas 721 a una resolución de 500 m (Csiszar *et al*. 2005), que permite diferenciar claramente los cuerpos de agua y la inundación en época húmeda y el cambio en época seca (mapa 3). La selección de las imágenes para

el análisis de las áreas inundadas se basa en la disponibilidad de información con poca cobertura nubosa, eligiendo las imágenes con menor presencia de nubes posible, ya que éstas implican un vacío de información para la vegetación. Por tanto, se revisaron imágenes diarias de todos los años, escogiendo las más limpias de cada mes y trabajando con un máximo de tres imágenes por mes.

Además, se descargó información secundaria complementaria, como imágenes satelitales con una combinación de bandas 321 (color real) para la verificación de la información clasificada de inundaciones en las mismas fechas que las demás imágenes.

El primer paso para la clasificación fue la descarga de las imágenes seleccionadas y su georreferenciación en el programa "ArGIS 10.0". Posteriormente se realizó el bandeado de cada imagen exportando cada banda de un formato Img a un formato TIFF, para poder trabajar en el programa "IDRISI Taiga". Una vez exportadas las bandas, se procede a cortar el área de estudio para cada banda. Luego se realiza la asignación de clases para su posterior clasificación de vegetación mediante la herramienta ISOCLUST, utilizando las tres bandas cortadas y depurando aún más la clasificación mediante la herramienta Filter.

Una vez concluidos los pasos en el programa IDRISI, se retoma el trabajo en el programa ArcGIS 10.0, transformando la cobertura de la clasificación de un formato Raster a Vector, para así obtener las áreas y realizar la clasificación de la vegetación.

Para clasificar las áreas inundadas se utilizó la cobertura de vegetación en formato shapefile(*.shp) de acuerdo a la clasificación y mapeo elaborada por Nature Serve para la publicación de *Sistemas Ecológicos de la Cuenca Amazónica de Perú y Bolivia* (Josse *et al.* 2007)

Se descargó información de la cantidad de focos de calor para los años 2000-2011a través de la página web del sensor MODIS.[3]

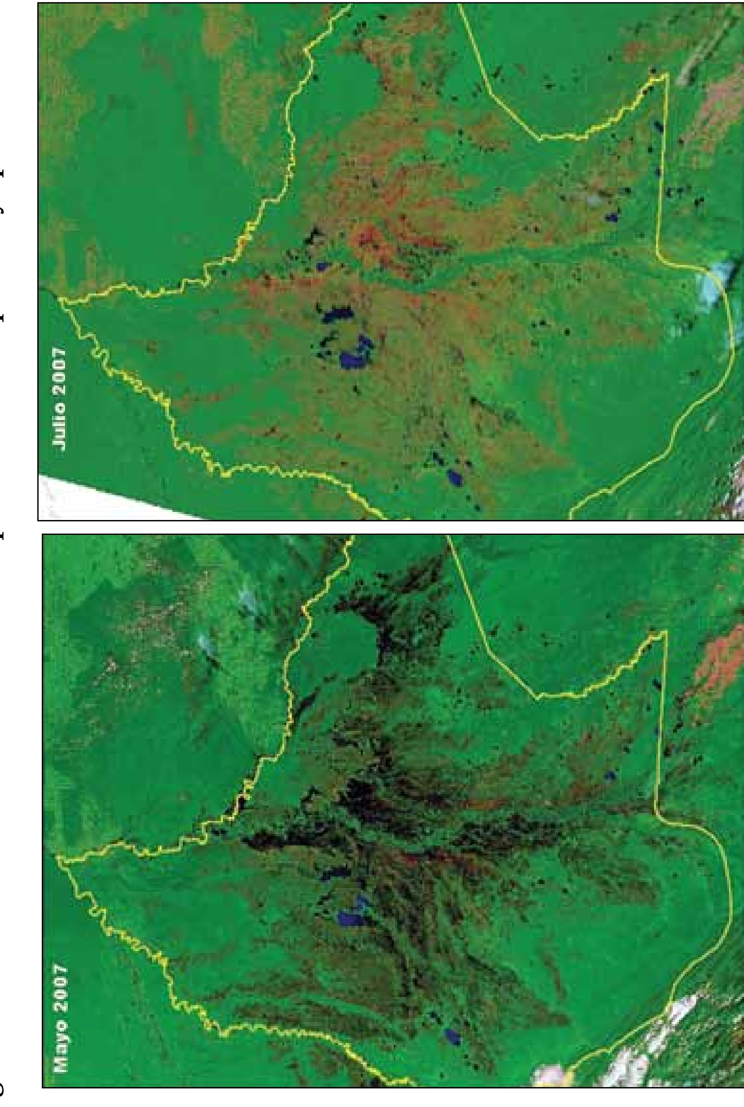
3 http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/

Encontramos en anexo el detalle de cómo se obtuvo esta información para áreas inundadas, áreas quemadas y focos de calor (véase mapa 3). Esta información permitió una clasificación, que se usó como base para generar una nueva clasificación de forma más general, se definieron las siguientes formaciones en cada una de las imágenes (véase mapa 4):

- *Bosque*, identificado como bosque amazónico, en el que generalmente no ocurren inundaciones en época húmeda.
- *Bosques inundados*, que en Bolivia incluye una extensión de área pequeña de los bosques amazónicos que llegan a inundarse en época húmeda, por ejemplo aquellos que están más relacionados a los bosques de galería (que bordean los ríos).
- *Cuerpos de agua permanentes*, incluye los ríos y lagos de la región.
- *Nubes*, que influyen de forma negativa en la interpretación de la imagen en época húmeda.
- *Sabanas*, tipo de vegetación de pastizales de tierras bajas identificadas en época seca.
- *Sabanas parcialmente inundadas*, aquellas sabanas cubiertas solo en parte de su extensión por agua cuando éstas aumentan en época húmeda.
- *Sabanas inundadas,* sabanas que se inundan totalmente en época húmeda.

Finalmente, se hizo el cálculo de la superficie de las categorías mencionadas en hectáreas cuadradas (ha^2).

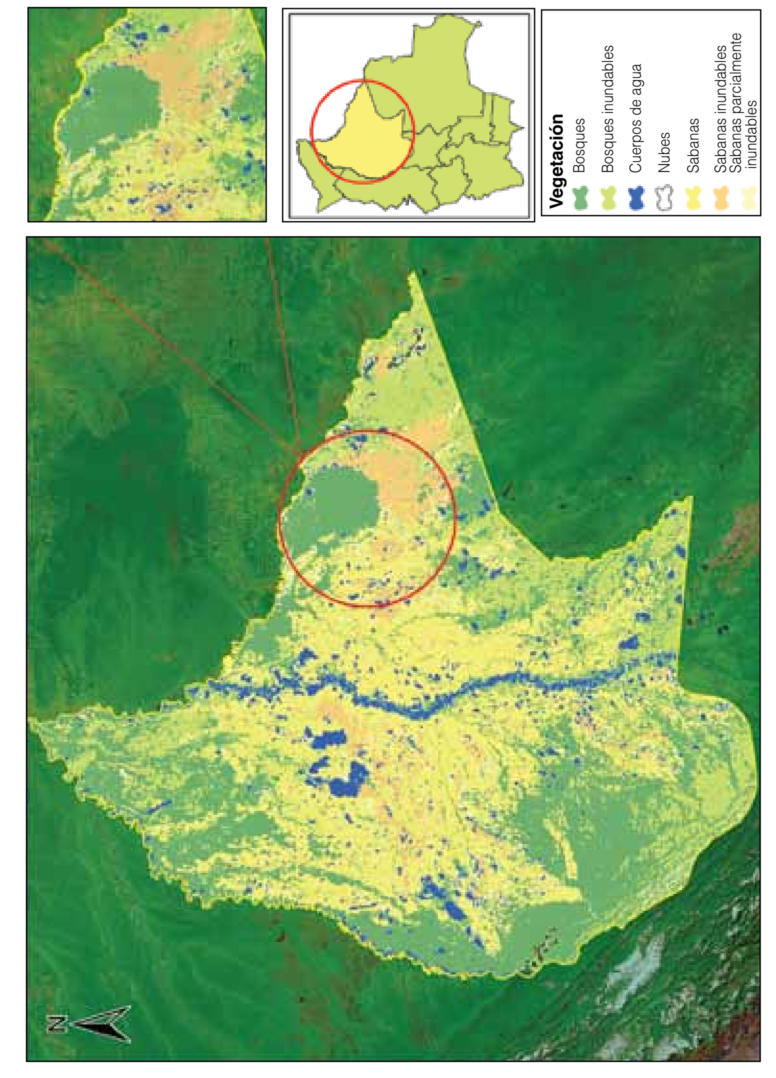
Mapa 3
Beni: imágenes satelitales de inundación durante la época húmeda (izquierda) y época seca (derecha) 2007



Nota: Se aprecia la disminución del área inundada durante la época seca.

Fuente: Elaboración propia.

Mapa 4
Clasificación de la vegetación para el análisis del área inundada



Fuente: Elaboración propia.

3. Encuestas a grupos clave

Para recabar información sobre la percepción de los distintos sectores sociales locales (ganaderos, comunarios, agricultores, indígenas y autoridades locales) acerca de los efectos que los incendios implican para ellos, se realizaron encuestas que evaluaron, entre otros aspectos: las actividades que ocasionan incendios, las principales acciones que se desarrollan para evitarlos y/o combatirlos y el conocimiento de las disposiciones legales; estos sectores también hicieron recomendaciones para enfrentar el problema. Presentamos estos resultados más adelante.

4. Recopilación de información periodística

Haciendo una búsqueda en la página web del periódico *Los Tiempos* de Cochabamba (http://www.lostiempos.com), así como en las de agencias informativas de prestigio (ABI, Erbol, Bolpress, EFE) disponibles en internet, se recopiló y sistematizó información sobre los incendios e inundaciones que ocurrieron en el departamento del Beni. Esta información se empleó para cotejar los datos de focos de calor e inundaciones obtenidas de las imágenes satelitales, así como para complementar la información social del proyecto.

5. Análisis de la información

Para determinar cambios en la temperatura promedio anual y precipitación total anual a lo largo del tiempo, se calcularon valores anuales para cada estación climática entre los años 2000 y 2011. Posteriormente se utilizó una regresión lineal para determinar la tendencia general y el comportamiento de la temperatura promedio anual y la precipitación total anual a lo largo del tiempo.

El cálculo del número de focos de calor y de área quemada por año fue obtenido en base a la sumatoria de los registros para cada año. Adicionalmente, el análisis fue complementado determinando el número de focos de calor por municipio por año entre 2000 y 2010. Se realizaron gráficos de burbujas para los tres años en que se identificó la mayor cantidad de incendios: 2004, 2005 y 2010. Para realizar los gráficos de burbujas se combinó los registros climáticos

de temperatura máxima promedio y precipitación total anual con el número de focos de calor registrados por municipio para cada año. Para los municipios que carecen de estaciones climáticas, se utilizó los registros climáticos de la estación climática más cercana.

Se empleó un modelo linear generalizado (GLM, por sus siglas en inglés) para determinar la relación entre factores climáticos y el número de focos de calor. Un modelo inicial incluyó todas las variables climáticas obtenidas de las estaciones climáticas del Beni, es decir: temperatura promedio (ºC), temperatura máxima (ºC), temperatura mínima (ºC), presión atmosférica a nivel del mar (mb), humedad relativa media (%), precipitación total (mm), velocidad media del viento (km/h) y velocidad máxima sostenida del viento (km/h). Posteriormente se descartaron progresivamente los factores considerados como estadísticamente no significativos, hasta obtener un modelo final que incluyó únicamente las variables climáticas significativas. La relación entre focos de calor y área quemada fue determinada también utilizando una regresión linear.

El análisis de la relación entre incendios e inundaciones fue realizado entre 2004 y 2010. El análisis incluyó la selección del área máxima inundada durante la época húmeda para cada período, así como el número total de focos de calor total y el área máxima quemada durante la época seca de cada año. El área inundada durante la época húmeda incluyó bosques inundados, sabanas inundadas y sabanas parcialmente inundadas. Se realizaron dos regresiones lineares para determinar la relación entre incendios e inundaciones durante la época húmeda pasada. La primera regresión incluyó el número total de focos de calor y la segunda, el área quemada, ambas como variables dependientes.

CAPÍTULO III

Incendios e inundaciones

1. Análisis del clima (2000- 2011)

El clima de la región se caracteriza por ser caliente y húmedo. La temperatura promedio anual en el departamento del Beni en el período estudiado fue de 27,09±0,57°C y la precipitación anual total de 1.587,19±591,7 mm (cuadro 2). A pesar de que los registros climáticos mostraron poca variación entre localidades, Guayaramerín y Magdalena resaltan como los sitios más calientes, con una temperatura promedio anual de 27,95°C y 27,77°C, respectivamente (cuadro 2). Se observó una tendencia del incremento de las temperaturas a lo largo del tiempo, que sin embargo no fue muy marcada (gráfico 1a).

La temperatura máxima anual promedio fue de 31,44±0,69°C durante el período de estudio. Se observaron tres años particularmente cálidos (2002, 2005 y 2010), con una temperatura máxima registrada de cerca de 32°C. La temperatura anual mínima en la región fue en promedio 20,47±0,61°C. En el período analizado las temperaturas más bajas se registraron en 2000.

Cuadro 2
Clima de las estaciones climáticas ubicadas en el departamento del Beni (2000-2011)

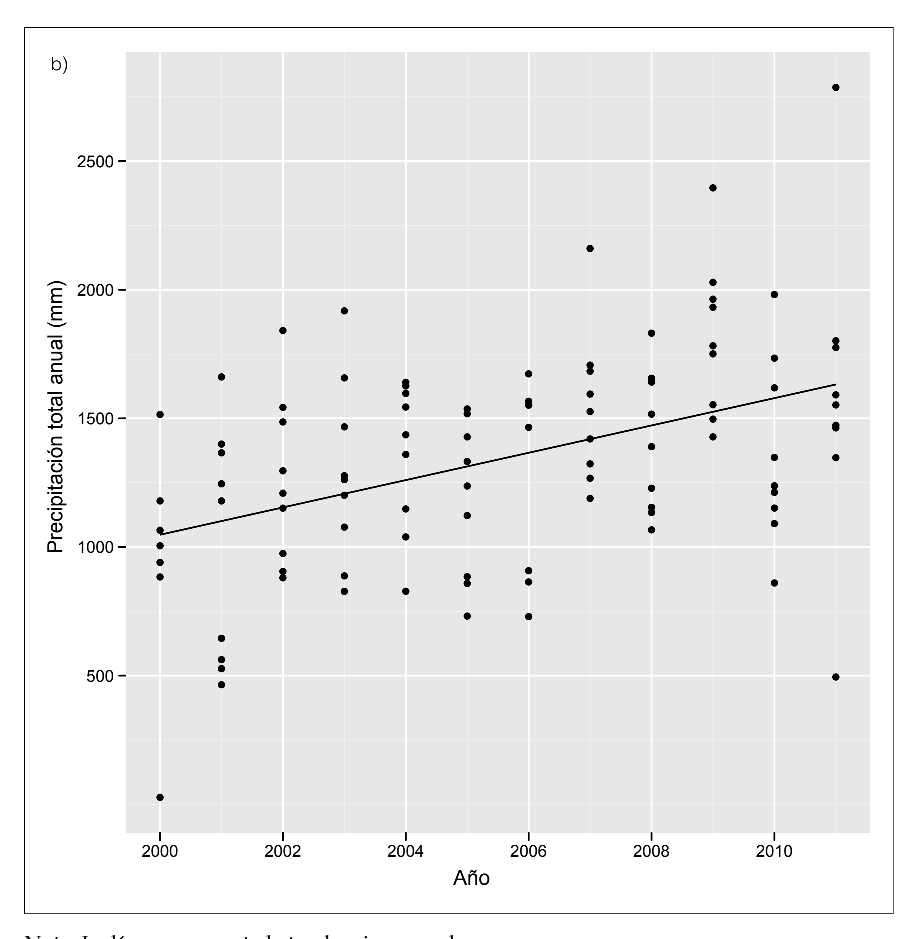
Estación climática	Temperatura promedio anual (°C)	Temperatura máxima anual (°C)	Temperatura mínima anual (°C)	Humedad relativa (%)	Precipitación total anual (mm)	Velocidad promedio del viento (km/h)	Velocidad promedio máxima del viento (km/h)	N° promedio de días con lluvia	N° promedio de días con tormenta
Guayaramerín	27,95	32,16	20,91	76,62	494,55	10,08	14,42	14,00	12,00
Magdalena	27,77	32,18	21,07	71,91	1.347,25	8,37	16,91	53,00	78,00
Reyes	26,80	30,64	19,72	75,63	1.775,24	5,70	15,55	81,00	45,00
Riberalta	27,24	32,32	21,02	74,55	1.591,36	8,21	17,51	62,00	30,00
Rurrenabaque	26,45	30,64	20,22	78,34	2.786,62	4,58	13,64	113,00	51,00
San Borja	27,18	31,28	20,16	72,83	1.463,06	7,30	15,92	44,00	13,00
San Ignacio de Moxos	26,78	30,92	19,70	69,70	1.472,96	9,58	17,08	28,00	10,00
Santa Ana	27,38	31,84	21,31	69,77	1.801,44	12,41	21,34	60,00	36,00
Trinidad	26,25	30,99	20,10	73,35	1.552,20	10,38	21,57	81,00	58,00
Promedio	**27,09**	**31,44**	**20,47**	**73,63**	**1.587,19**	**8,51**	**17,10**	**59,56**	**37,00**
Desviación estándar	**0,57**	**0,69**	**0,61**	**2,96**	591,72	2,43	2,76	29,87	23,35

Fuente: Elaboración propia.



Gráfico 1
Beni: temperatura promedio anual y precipitación total (2000-2011)

Fuente: Elaboración propia.



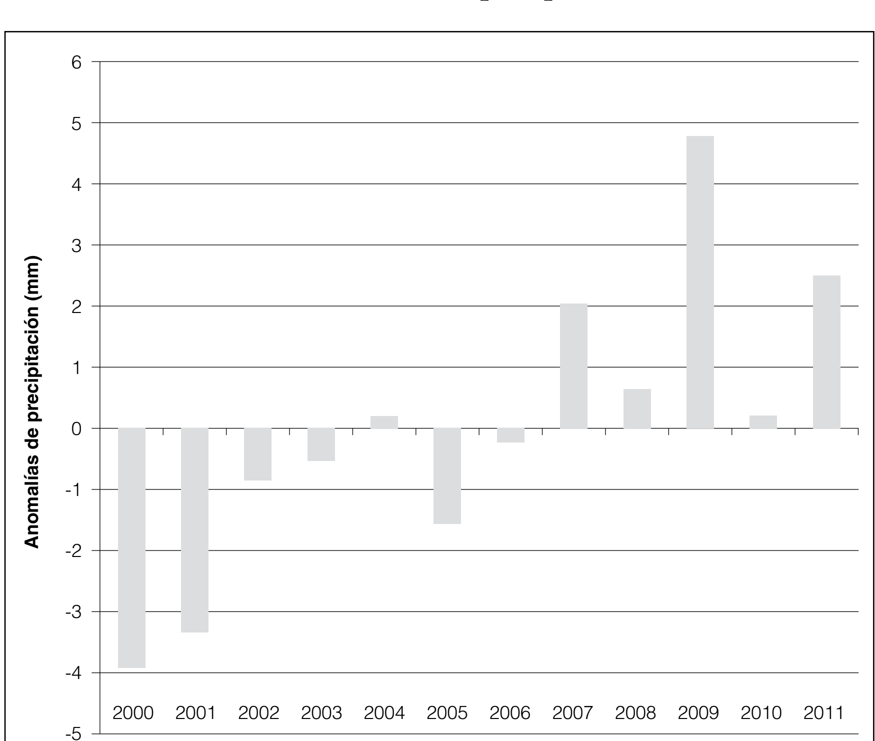
Nota: La línea representa la tendencia general.

Fuente: Elaboración propia.

Se observó un incremento considerable en la precipitación total anual durante los once años de estudio (gráfico 1b). En 2000 la precipitación total anual promedio fue de 944,8 mm, en tanto que en 2007 y 2011 se registró un incremento abrupto de 168 mm por encima del promedio.

En el registro meteorológico sobresalen 2007 y 2009 como los años más húmedos, con una precipitación registrada de 1.541 y 1.814 mm/año, respectivamente, mientras que 2000, 2001 y 2005 recibieron poca precipitación (gráfico 2).

Gráfico 2
Beni: anomalías de precipitación



Nota: Los valores positivos indican años particularmente húmedos y los valores negativos, años particularmente secos.

Fuente: Elaboración propia.

En promedio se registraron 59 días de lluvia/año durante el tiempo de estudio, siendo Rurrenabaque el lugar donde llovió más días (113 días lluvia/año) y San Ignacio de Moxos donde llovió menos (81 días lluvia/año). Los datos climáticos también muestran una tendencia general de incremento de 10 días de lluvia en los últimos cinco años. Entre 2000 y 2005 llovió 48 días en promedio, mientras que entre 2006 y 2011, llovió 58 días. 2009 fue el año que más llovió, registrándose un total de 72 días con lluvia. El número de días con tormenta no sufrió grandes variaciones durante los once años de estudio, manteniéndose cerca del promedio, 37 días. Sin embargo, los años más secos (2005 y 2010) coincidieron con los años con menos días de tormenta, 18 y 15 días, respectivamente.

2. El clima en la época seca

La temperatura promedio durante la época seca (abril a septiembre) fue de 26,27ºC entre 2000 y 2011. Durante la época seca la temperatura máxima promedio registrada fue de 30,93ºC y la temperatura mínima promedio, de 18,82ºC (cuadro 3). El análisis temporal muestra alta variación térmica a lo largo del tiempo; por ejemplo, la desviación estándar de la temperatura promedio es de 2,41ºC, mientras que la desviación estándar de la temperatura máxima y mínima fue de 2,38 y 2,08ºC.

La época seca no esta exenta de lluvia, aunque es mucho menor a la registrada en la época húmeda. La precipitación total promedio registrada fue de 318,4 mm/año, observándose dos años particularmente secos, 2000 y 2002, cuando se registró entre 240 y 280 mm de precipitación durante la época seca. Por otro lado, 2004, 2007 y 2009 fueron los años con mayor precipitación en la época seca, puesto que llovió por encima de 340 mm.

3. El clima en la época húmeda

La época húmeda tiene lugar entre octubre y abril. La temperatura promedio registrada en la época húmeda fue de 27,95ºC entre 2000 y 2011 (cuadro 3). La temperatura máxima promedio fue de 31,97°C y la temperatura mínima promedio, de 22,23°C. No se observó gran variación en la temperatura promedio, ni en la máxima, a excepción de los años 2002 y 2005, que fueron particularmente calientes, con valores promedio cerca de los 33ºC. Por otro lado, no se observaron grandes variaciones térmicas en temperaturas mínimas durante el período de estudio.

Cuadro 3
Beni: clima durante la época seca y húmeda en las estaciones climáticas del departamento (2000-2010)

Año	Época húmeda				Época seca			
	Temperatura promedio anual (°C)	Temperatura máxima anual (°C)	Temperatura mínima anual (°C)	Precipitación total anual (mm)	Temperatura promedio anual (°C)	Temperatura máxima anual (°C)	Temperatura mínima anual (°C)	Precipitación total anual (mm)
2000	27,66	31,18	22,06	694,82	25,23	29,06	18,25	240,08
2001	27,84	31,65	22,24	738,81	26,00	30,71	18,42	283,50
2002	28,29	32,64	22,16	961,57	26,80	31,48	19,52	245,12
2003	28,02	32,16	22,24	880,71	26,36	31,05	18,91	344,89
2004	27,97	32,01	22,24	1.005,88	25,85	30,58	18,77	356,69
2005	28,28	32,46	22,04	859,83	26,42	31,32	18,61	319,09
2006	27,93	31,90	22,46	1.001,92	26,59	31,27	18,90	347,44
2007	27,73	31,69	22,27	1.239,53	26,08	30,80	18,43	358,06
2008	27,90	31,89	22,18	1.148,64	26,42	31,03	18,78	254,59
2009	27,93	32,11	22,23	1.265,20	26,22	30,80	19,30	532,80
2010	28,07	32,22	22,22	1.131,40	26,60	31,67	18,69	177,47
2011	27,80	31,71	22,38	1.226,11	26,66	31,33	19,24	361,08
Promedio	27,95	31,97	22,23	1.012,87	26,27	30,93	18,82	318,40
Desviación estándar	0,19	0,39	0,12	193,75	0,43	0,67	0,38	89,96

Fuente: Elaboración propia.

La precipitación total promedio durante el periodo de estudio fue de 1.012,87 mm/año. Se observaron tres años especialmente secos (2000, 2001 y 2003), cuando se registraron lluvias muy por debajo del promedio (con un rango de 694-880 mm/año).

4. Focos de calor

El estudio se orientó a analizar los focos de calor que se produjeron en el departamento del Beni durante once años (2000-2010). Durante este período se registraron un total de 95.407 focos de calor. El análisis temporal mostró una gran variación en el número de focos de calor durante la década de estudio. Los años en que se registró la mayor cantidad de focos de calor fueron 2004, 2005 y 2010 (gráfico 3). El 92% de los focos de calor se produjeron durante la época seca, entre abril y septiembre (cuadro 4).

Cuadro 4
Beni: número y porcentaje de focos de calor en época húmeda y seca (2000-2010)

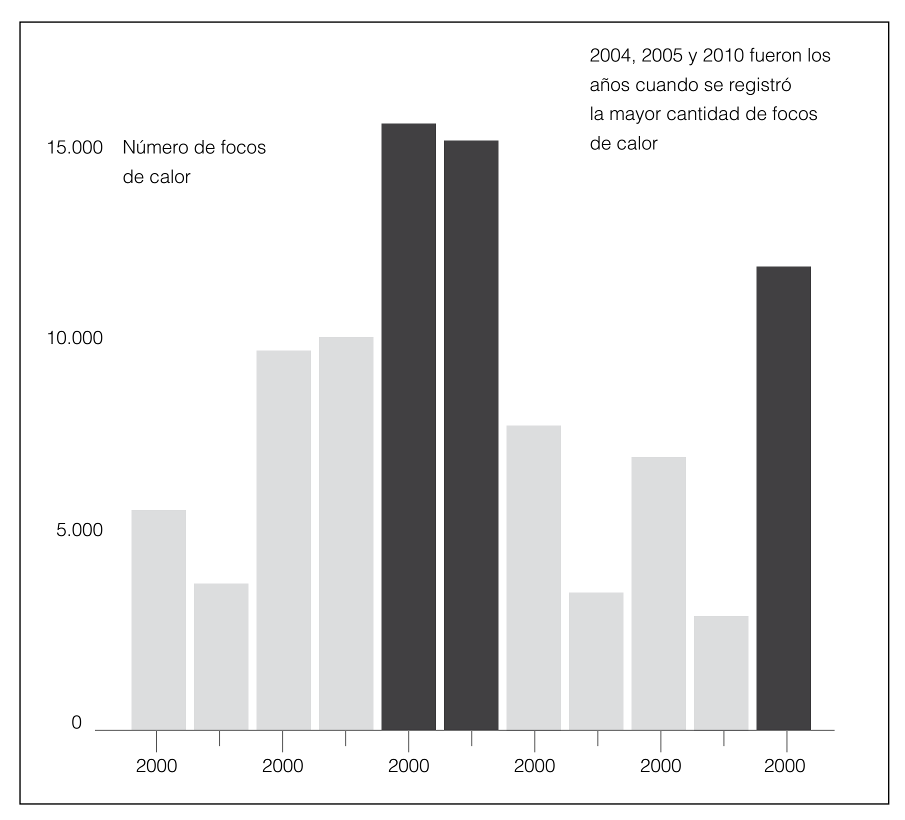
Año	Número total de focos de calor			Focos de calor (%)		
	Época húmeda	Época seca	Total	Época húmeda	Época seca	Promedio
2000	675	5.576	6.251	10,8	89,2	6,55
2001	177	3.605	3.782	4,68	95,32	3,96
2002	**2.185**	**7.754**	**9.939**	**21,98**	**78,02**	**10,42**
2003	**1.322**	**8.961**	**10.283**	**12,86**	**87,14**	**10,78**
2004	**437**	**15.411**	**15.848**	**2,76**	**97,24**	**16,61**
2005	**285**	**15.144**	**15.429**	**1,85**	**98,15**	**16,17**
2006	182	7.795	7.977	2,28	97,72	8,36
2007	235	3.352	3.587	6,55	93,45	3,76
2008	1.242	5.930	7.172	17,32	82,68	7,52
2009	236	2.768	3.004	7,86	92,14	3,15
2010	**458**	**11.677**	**12.135**	**3,77**	**96,23**	**12,72**
Promedio	7.434	87.973	95.407	8,43	91,57	100

Fuente: Elaboración propia.

Los años en los que, por el contrario, se registró la menor cantidad de focos de calor fueron 2001, 2007 y 2009. Los resultados sugieren que existen varios factores que influyen intrínsecamente en la creación de

focos de calor, como el clima, que puede crear condiciones idóneas para la expansión de incendios.

Gráfico 3
Beni: número de focos de calor registrados (2000-2010)



Nota: En tres años (2004, 2005 y 2010) se registró un número récord de focos de calor.
Fuente: Elaboración propia.

Los municipios que registraron la mayor frecuencia de focos de calor fueron Exaltación, Santa Ana del Yacuma, San Ignacio, San Javier y San Ramón. Por ejemplo, en Exaltación se produjeron 11.115 focos de calor en once años (cuadro 5). La mayoría de los incendios ocurrió en los municipios donde predominan las sabanas, y no así en los municipios donde una gran extensión se encuentra cubierta por bosques, como Rurrenabaque. Además, un análisis durante los años con mayor ocurrencia de focos de calor (2004, 2005 y 2010) mostró

una alta variabilidad en el número de focos de calor por municipio. En 2004, una gran cantidad de focos de calor se produjo en San Ignacio de Moxos (gráfico 4a), una región relativamente caliente pero especialmente seca. Le siguen Exaltación y Santa Ana del Yacuma, dos municipios con temperaturas más altas pero relativamente húmedos. En 2005 Huacaraje —uno de los municipios más calientes y húmedos del Beni— fue donde se registró la mayor cantidad de focos de calor (gráfico 4b); en segundo lugar figuran nuevamente Exaltación y Santa Ana del Yacuma. En 2010 los municipios con el mayor registro de focos de calor fueron Baures, Exaltación y Santa Ana del Yacuma (gráfico 4c). En todos los años los municipios Riberalta, Guayamerín, Reyes y Rurrenabaque fueron los que registraron la menor cantidad de focos de calor.

Cuadro 5
Beni: ranking de los municipios que registraron la mayor frecuencia de focos de calor

Ranking	Municipio	Total	%
1	Exaltación	11.115	11,65
2	Santa Ana del Yacuma	9.768	10,24
3	San Ignacio de Moxos	9.398	9,85
4	San Javier	7.987	8,37
5	San Ramón	7.907	8,29
6	San Andrés	7.783	8,16
7	Huacaraje	5.983	6,27
8	Santa Rosa	5.695	5,97
9	Magdalena	5.517	5,78
10	Baures	4.956	5,19
11	Reyes	4.338	4,55
12	San Joaquín	3.713	3,89
13	Loreto	3.202	3,36
14	San Borja	2.648	2,78
15	Riberalta	1.789	1,88
16	Trinidad	1.580	1,66
17	Guayaramerín	719	0,75
18	Puerto Siles	670	0,7
19	Rurrenabaque	639	0,67
	Total	95.407	100

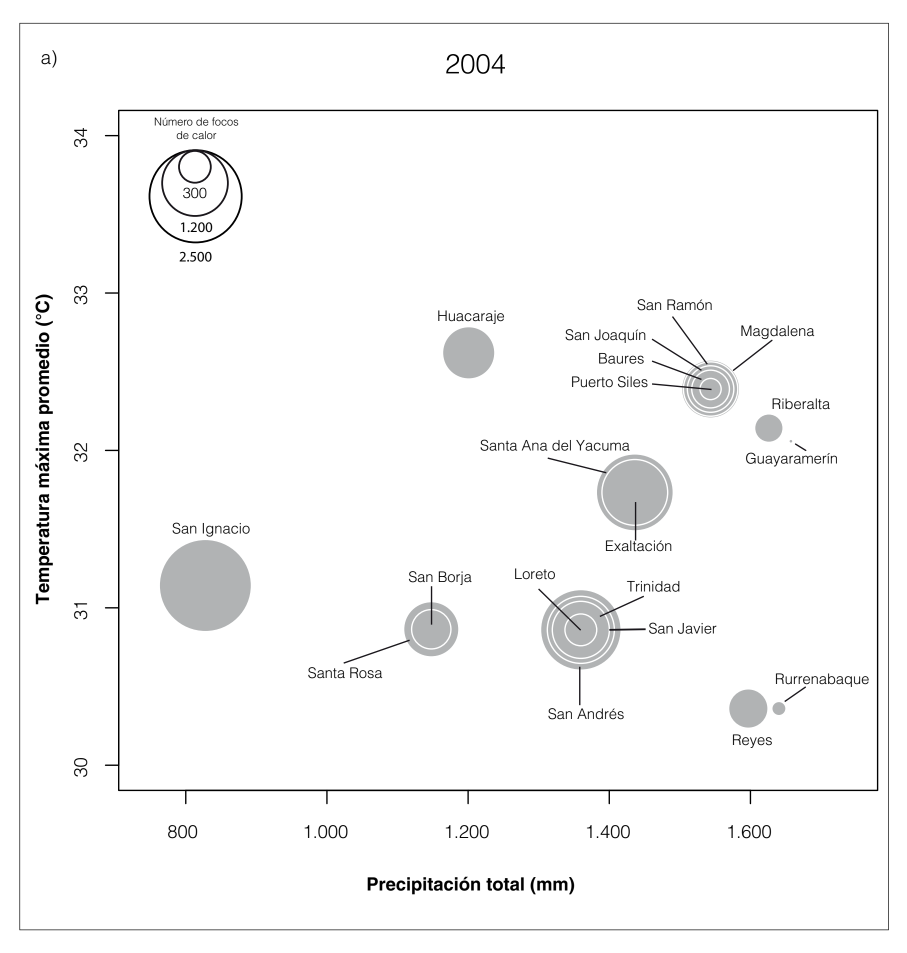
Fuente: Elaboración propia.



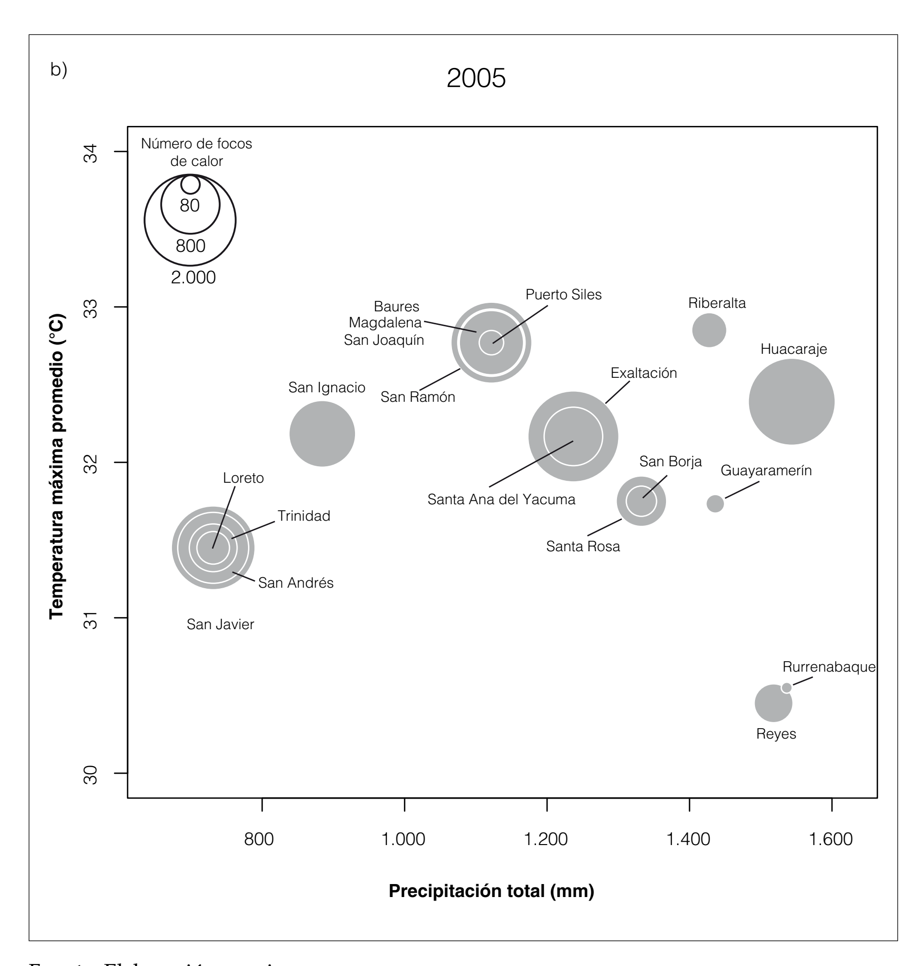
Mapa 5
Beni: cantidad de focos de calor por pixel (2000-2010)

Fuente: Elaboración propia.

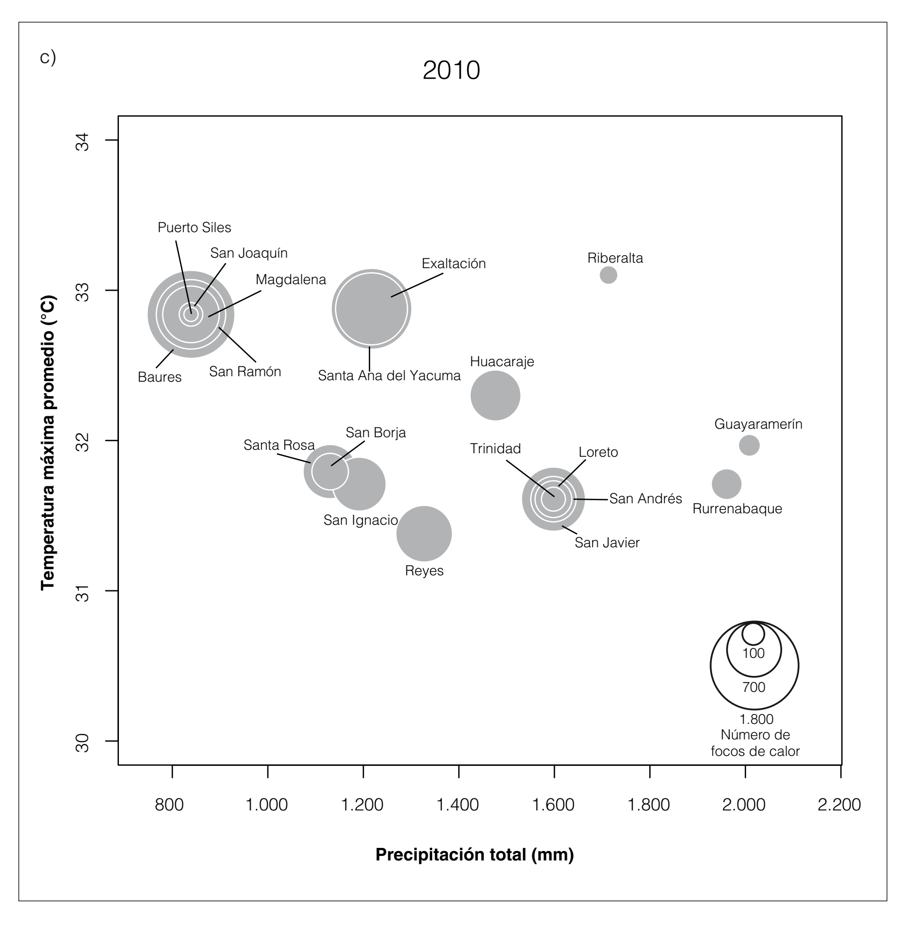
Gráfico 4
Beni: número de focos de calor por municipio en relación a la temperatura promedio máxima y precipitación total registrada para el año



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.



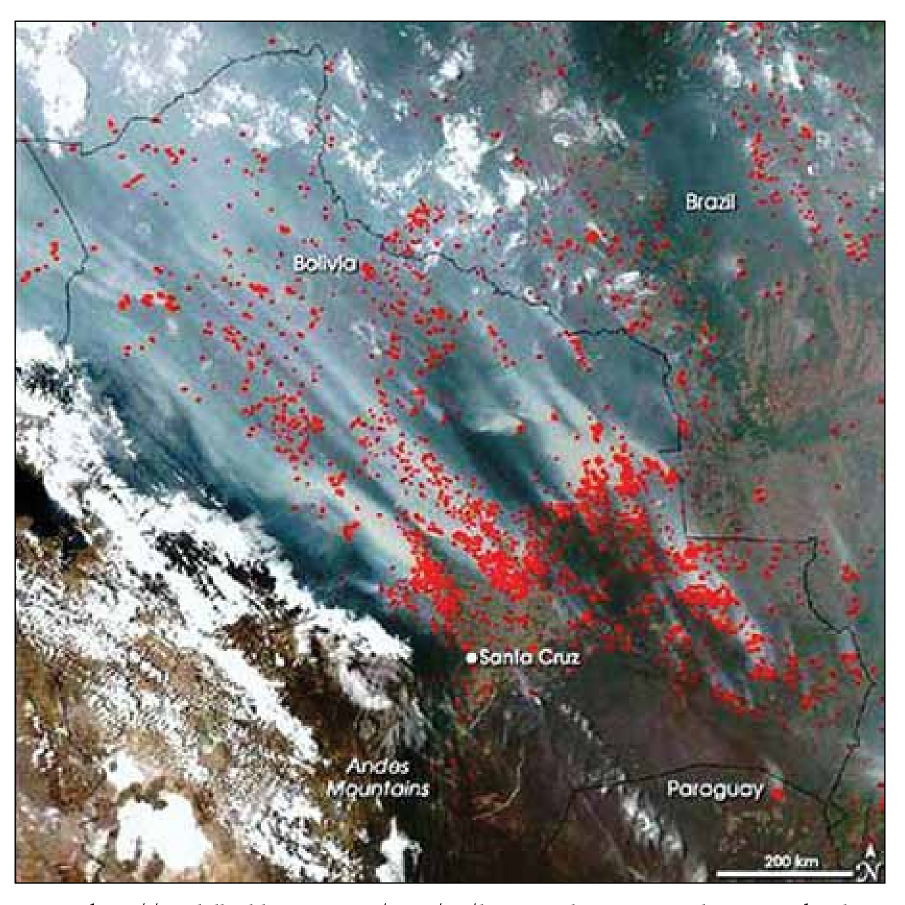
Nota: Se incluyen los años 2004 (a), 2005 (b) y 2010 (c), cuando se registró la mayor cantidad de focos de calor.

Fuente: Elaboración propia.

La integración de los registros climáticos y los focos de calor permitió identificar los factores climáticos que crean situaciones idóneas para la ignición de la vegetación, así como para la dispersión de los incendios a zonas aledañas. El análisis identificó cuatro variables que influyen significativamente en el número total de focos de calor por año: temperatura máxima promedio anual, precipitación total anual y velocidad promedio del viento (número total de focos de calor = 0,0032 + 0,012 * Temperatura máxima – 0,21 * Precipitación total + 0,93 * Velocidad promedio del viento – 0,41 * velocidad máxima

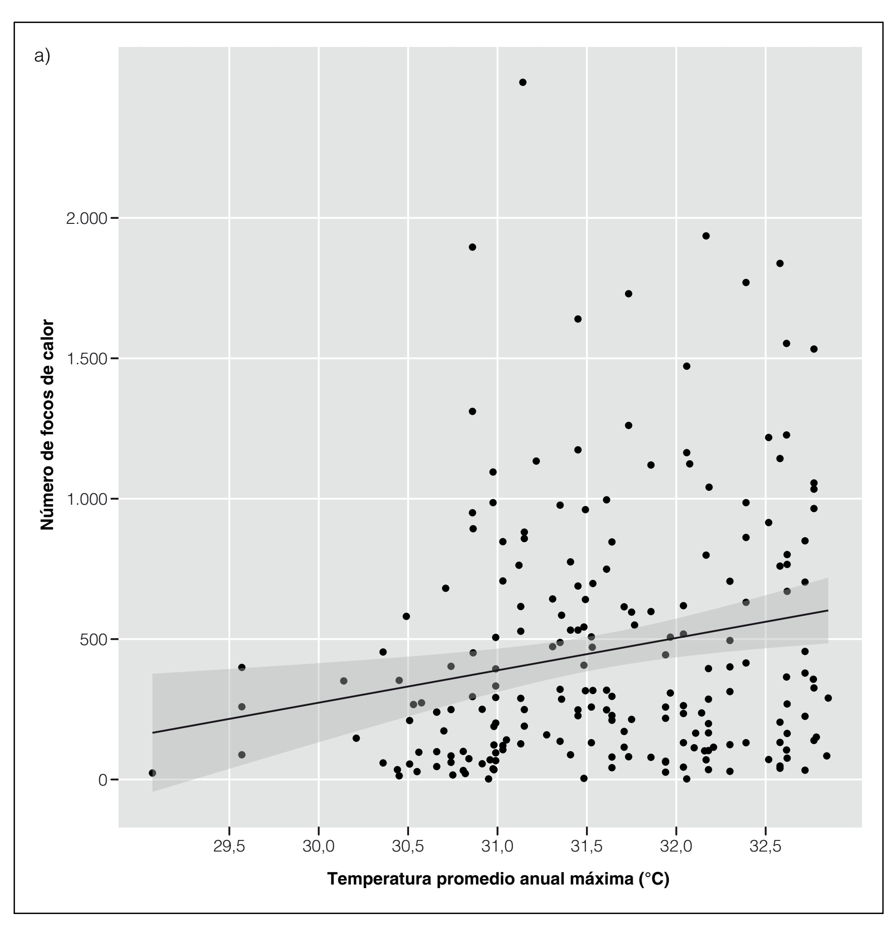
del viento; g. l. = 202; R^2 ajustado = 0,15; P<0,0001). Se observó una relación positiva entre el número de focos de calor, la temperatura promedio máxima anual y la velocidad del viento; se observó asimismo un decrecimiento en el número de focos de calor a medida que la precipitación anual aumenta (gráfico 5).

Mapa 6
Bolivia: imagen satelital de los focos de calor

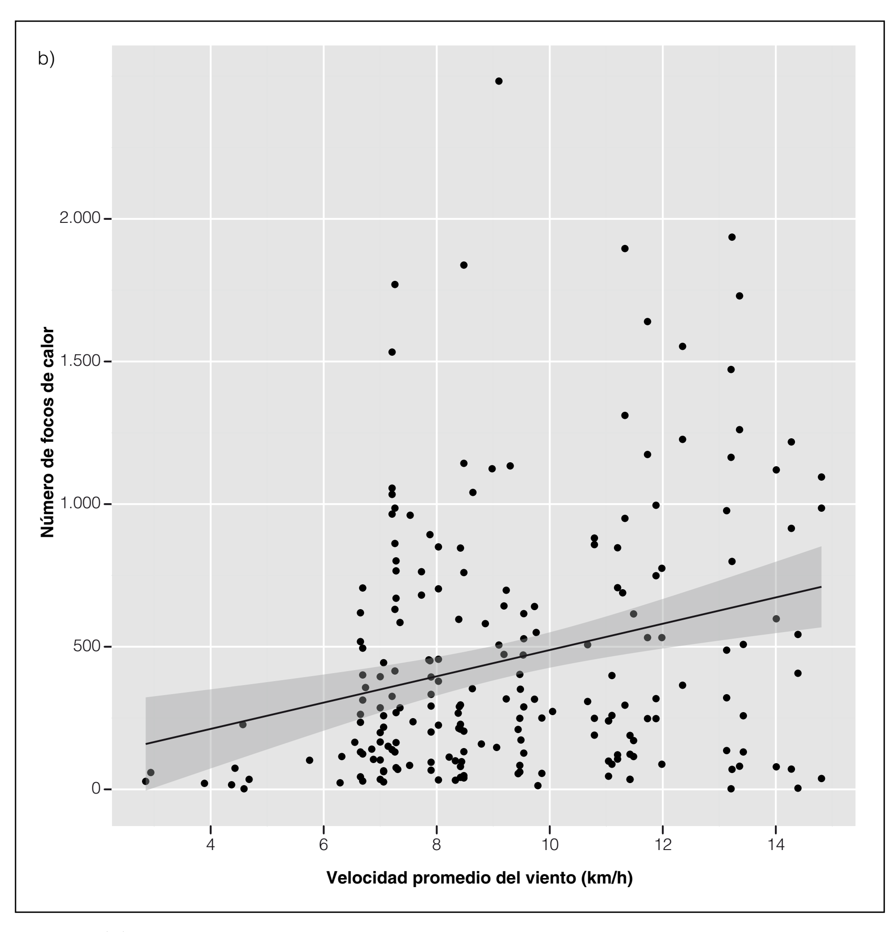


Fuente: http://madalbo.blogspot.com/2010/08/los-incendios-se-extienden-en-109.html

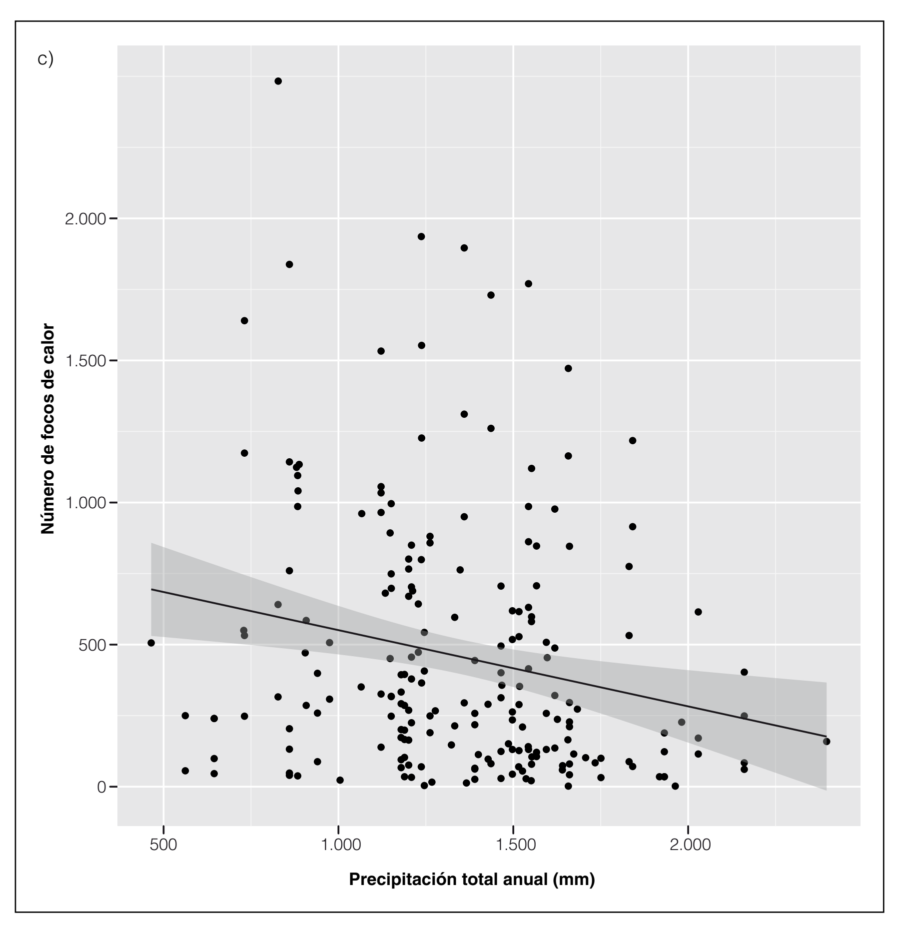
Gráfico 5
Beni: relación entre el número de focos de calor, la temperatura máxima promedio (a), la velocidad promedio del viento (b) y la precipitación total anual (c) (2000-2010)



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

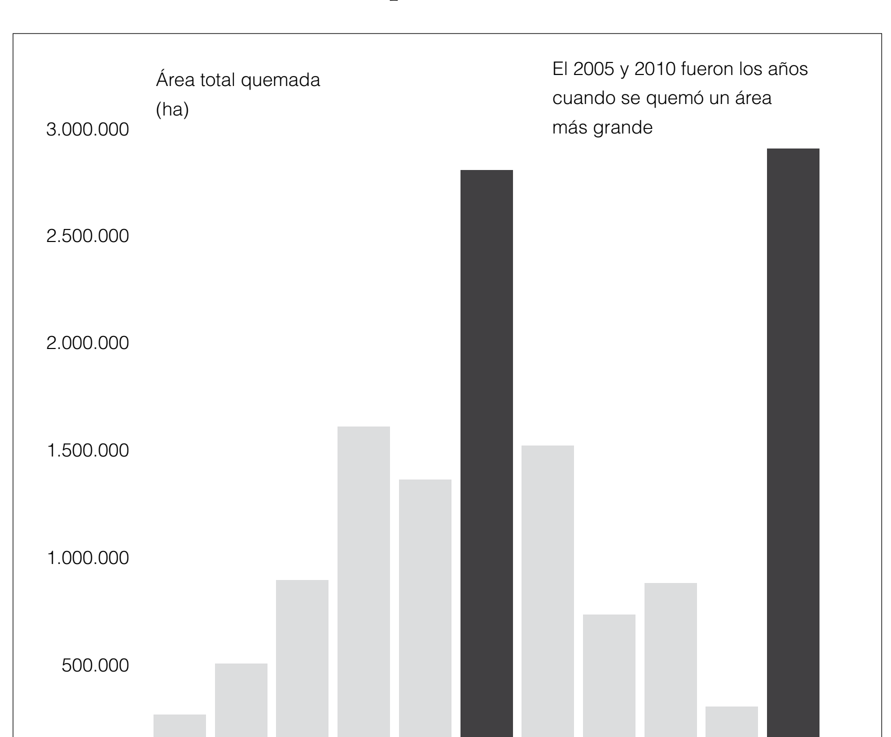


Nota: La línea azul indica la tendencia general.
Fuente: Elaboración propia.

5. Áreas quemadas

El análisis espectral de imágenes satelitales permitió determinar el área que fue quemada en el departamento del Beni durante once años (gráfico 6). Los resultados muestran que durante este tiempo se quemaron en promedio 1.271.116 ha por año. Los años en que se observó la mayor cantidad de superficie quemada fueron 2005 y 2010. Resalta particularmente el año 2010, cuando se quemó 8,2 veces más superficie que el año anterior, es decir cerca de 2.963.842 hectáreas.

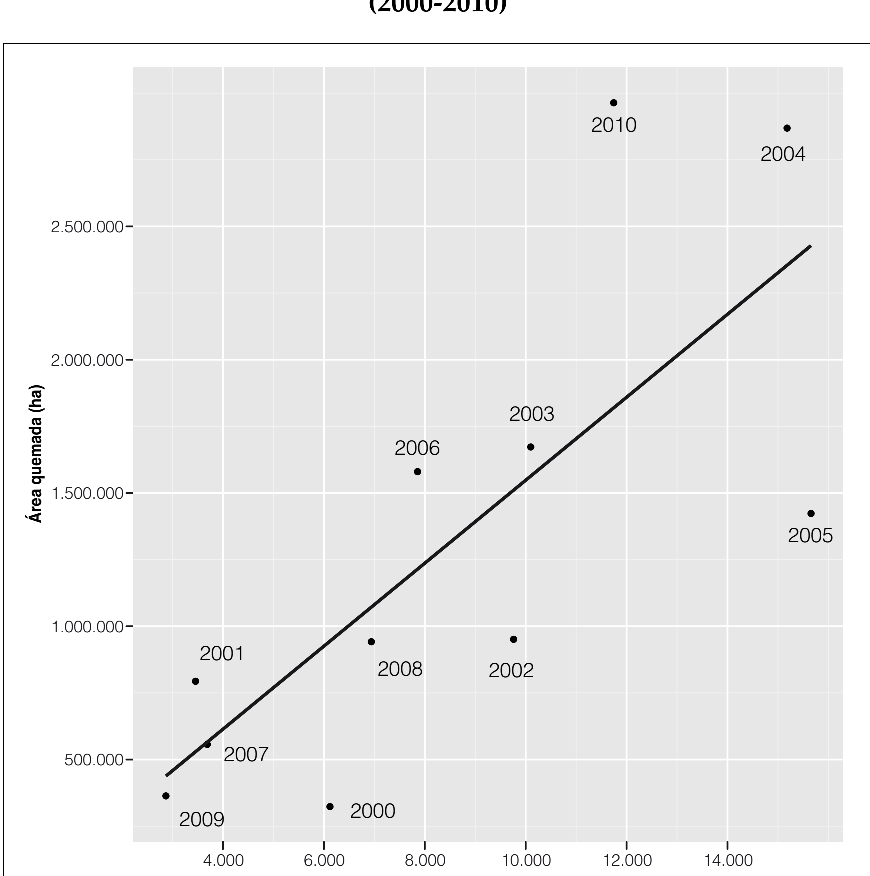
Gráfico 6
Beni: área quemada (2000-2010)



Fuente: Elaboración propia.

Se observó una relación positiva entre el número de focos de calor y el área quemada (número total de focos de calor/año = 0,003 + 0,0045 * Área quemada, g. l. = 9; R^2 ajustado = 0,41; $P < 0,05$). Los años en que se registró la mayor cantidad de focos de calor (como 2004, 2005 y 2010) fueron también los años en que se quemó una mayor superficie (gráfico 7). El año 2010, en particular, muestra una mayor extensión quemada, es decir una mayor área quemada por foco de calor.

Gráfico 7
Beni: relación entre área quemada y número de focos de calor (2000-2010)

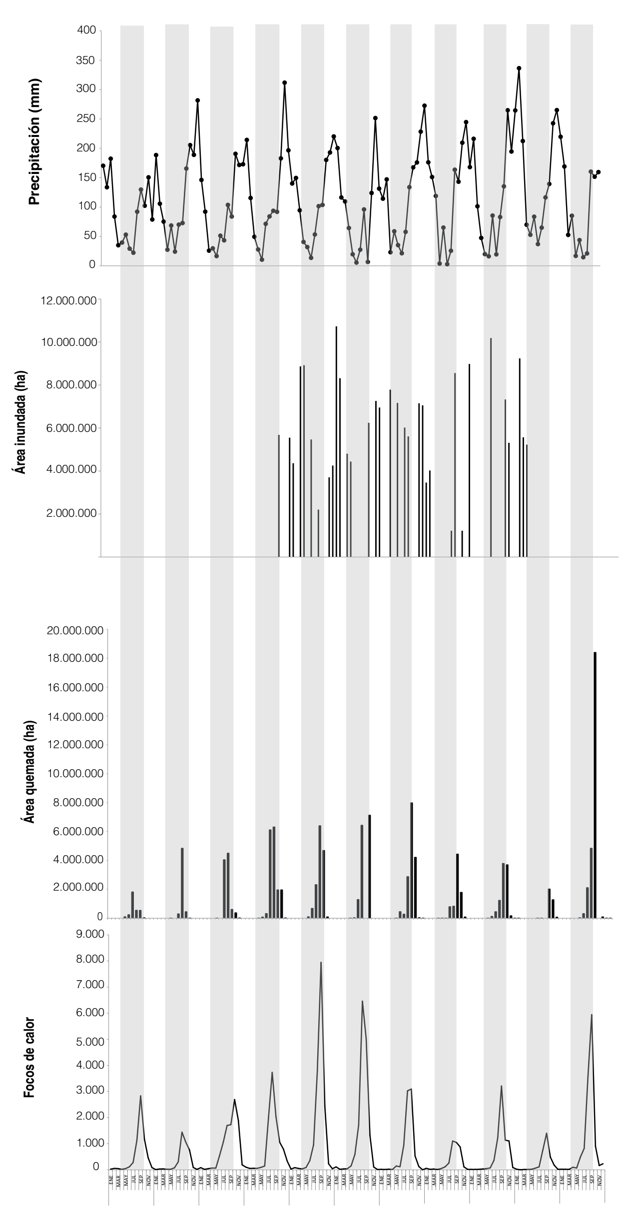


Nota: La línea indica una tendencia positiva. Número total de focos de calor/año = 0,003 + 0,0045 *Área quemada, g. l. = 9; R^2 ajustado = 0,41; P < 0,05).

Fuente: Elaboración propia.

Los focos de calor y las áreas quemadas mostraron un comportamiento cíclico durante los meses de cada año (gráfico 8). Los mayores picos de focos de calor y áreas quemadas se produjeron durante la época seca de los años en que hubo meses con menos de 100 mm de precipitación. Los picos más altos de focos de calor y áreas quemadas se registraron entre agosto y septiembre, meses caracterizados por recibir la menor cantidad de lluvia.

Gráfico 8
Beni: variación temporal de focos de calor, áreas quemadas, precipitación y áreas inundadas (2000-2010)



Nota: Las barras grises delimitan la época seca entre abril y octubre.
Fuente: Elaboración propia.

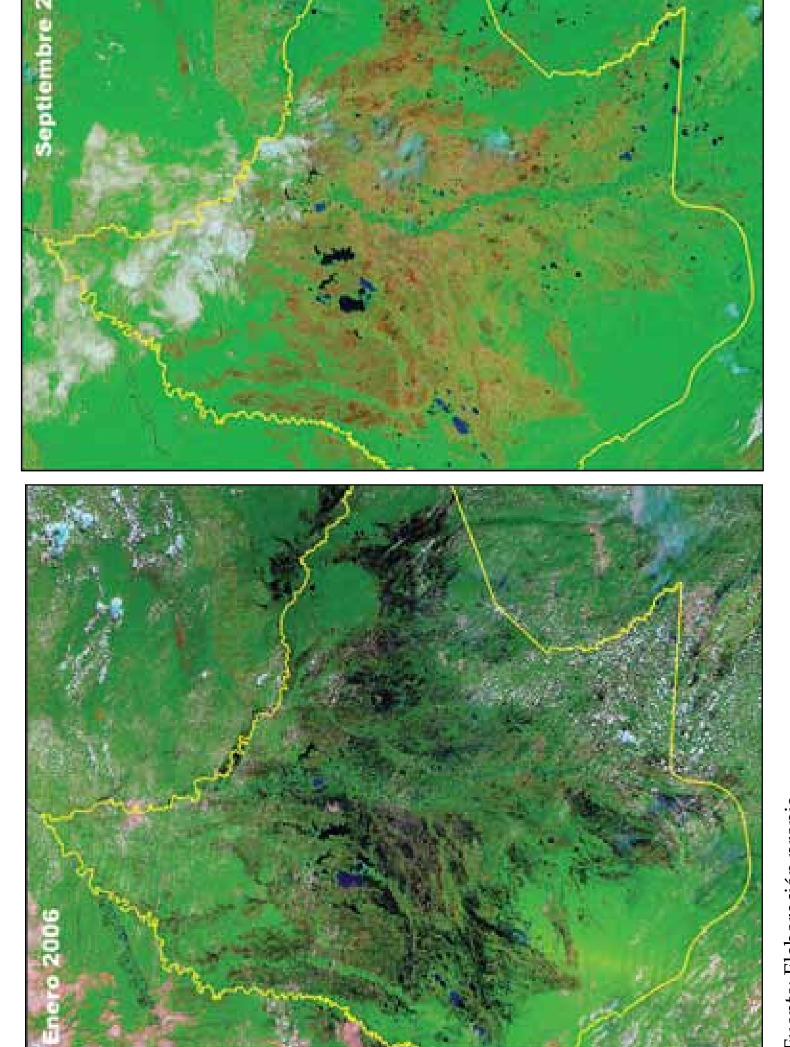
6. Áreas inundadas

La definición de áreas inundadas fue limitada severamente por la carencia de imágenes satelitales con las características idóneas elegidas entre 2000 y 2003, y por la presencia de nubes durante la época húmeda entre 2004 y 2010. La importante presencia de nubes, especialmente durante la época húmeda, particularmente alta en algunos años (hasta el 28%), constituye una de las mayores limitantes para estimar variaciones en las inundaciones en el Beni. Durante la época húmeda los cuerpos de agua (ríos, y lagunas naturales y artificiales) se incrementaron y desbordaron inundando la vegetación adyacente, en particular los bosques de galería y sabanas. En la época seca, en tanto, se observó un decrecimiento paulatino del área inundada, aunque en algunas ocasiones se registraron pulsos de inundación hasta mediados de la época seca (entre junio y agosto), probablemente debido al incremento del nivel de los ríos por descarga de afluentes de la cordillera y el pie de monte.

Los resultados muestran variaciones en el área inundada entre 2004 y 2011 (cuadro 6 y gráfico 9). En promedio, el área inundada en el departamento del Beni cubrió cerca a 6.000.000 de hectáreas. Los años en que se registró la mayor cantidad de áreas inundadas durante la época húmeda fueron 2004, 2006 y 2008, cuando aproximadamente 12.000.000 y 9.000.000 ha fueron cubiertas por agua debido al desborde de los ríos de la cuenca amazónica.

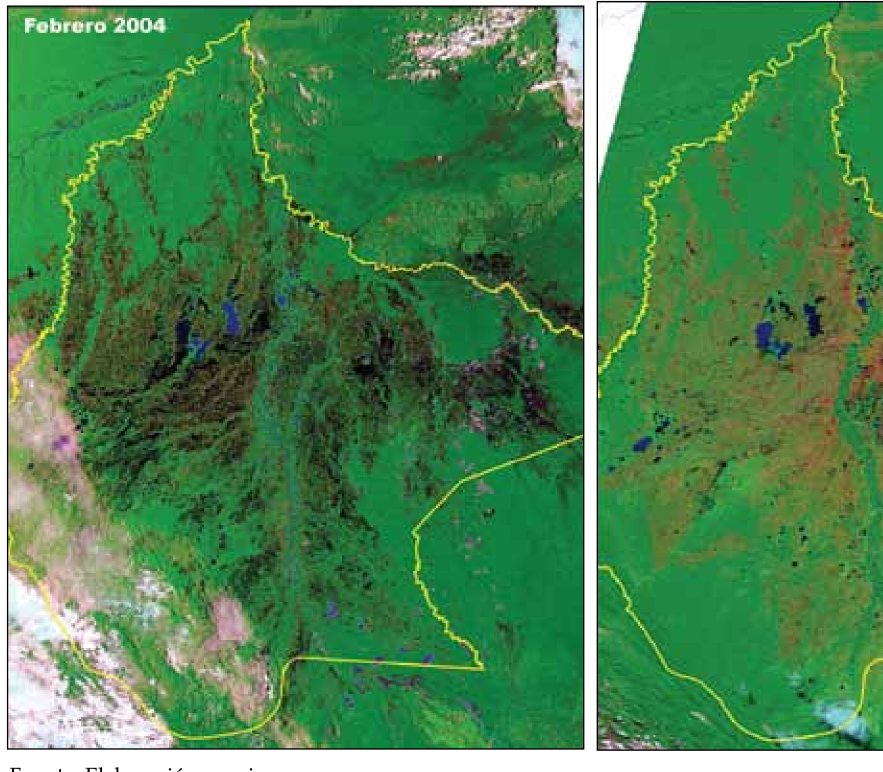
Mapas 7-8

Beni: imágenes de la zona de inundación (enero 2006-septiembre 2006)



Fuente: Elaboración propia.

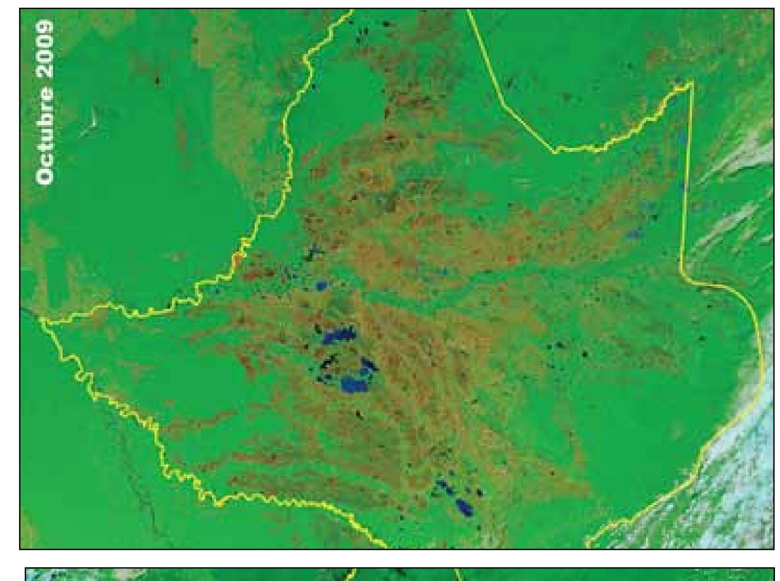
Mapas 9-10
Beni: imágenes de la zona de inundación (febrero 2004-septiembre 2004)



Fuente: Elaboración propia.

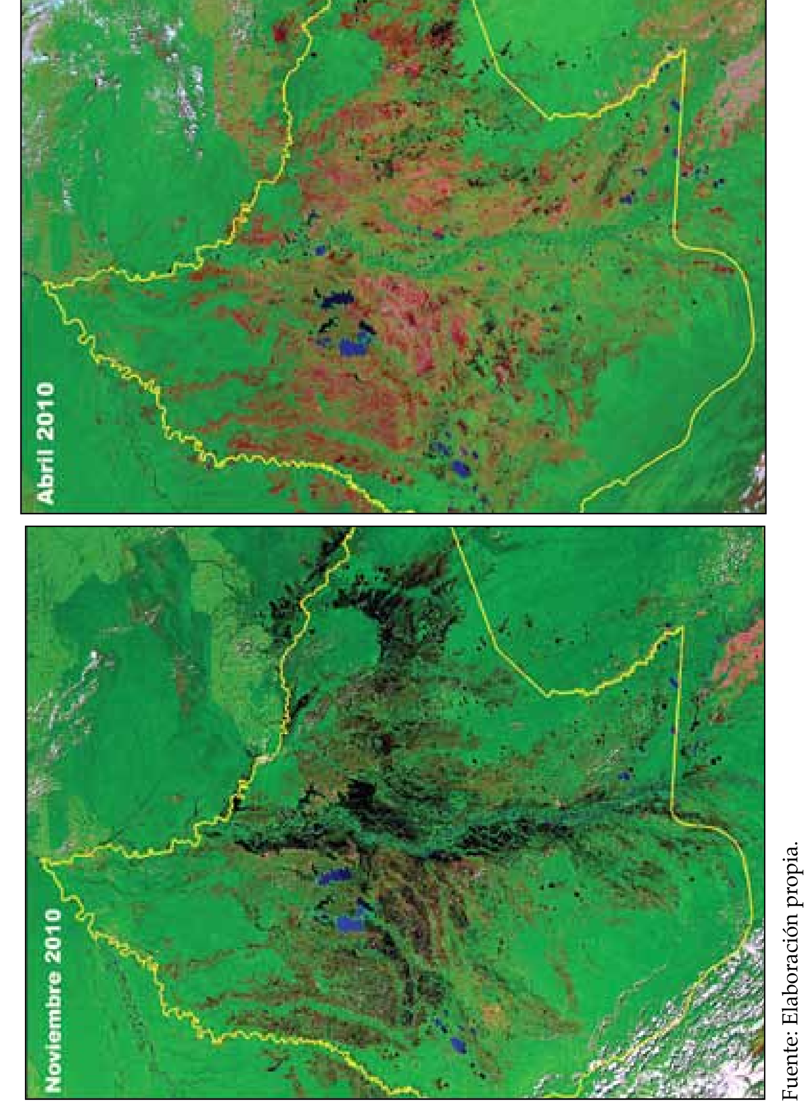
Mapas 11-12
Beni: imágenes de la zona de inundación (mayo 2009-octubre 2009)





Fuente: Elaboración propia.

Mapas 13-14
Beni: imágenes de la zona de inundación (noviembre 2010-abril 2010)



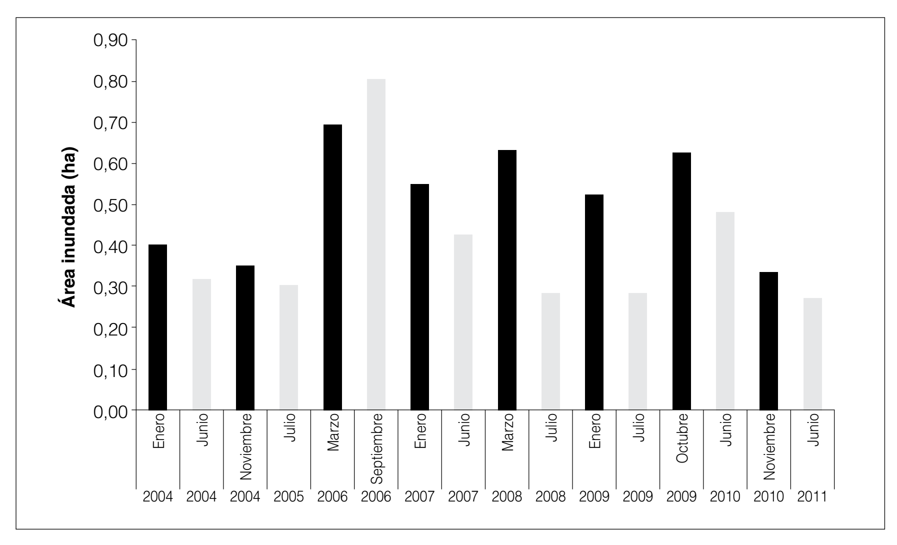
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 6
Beni: área máxima de bosque y sabana inundada (2004-2011)

Año	Época	Área de vegetación inundada (ha)	Vegetación inundada (%)	Área de sabanas inundadas (ha)	Sabanas inundadas (%)
2004	Húmeda	9.068.634	44	5.599.251	27,17
2004	Seca	9.077.295	44	5.154.016	25,01
2004	Húmeda	6.046.258	52	2.702.352	13,11
2005	Seca	10.730.150	52	7.182.603	34,85
2006	Húmeda	11.783.611	57	4.570.946	22,18
2006	Seca	7.869.407	35	4.291.936	20,83
2007	Húmeda	8.753.163	42	7.351.256	35,67
2007	Seca	8.105.397	39	3.748.897	18,19
2008	Húmeda	9.915.243	48	4.559.201	22,12
2008	Seca	8.980.665	44	5.822.850	28,26
2009	Húmeda	8.783.617	43	5.955.215	28,90
2009	Seca	9.239.988	45	4.724.457	22,93
2009	Húmeda	6.637.519	32	5.773.857	28,02
2010	Seca	8.725.547	42	4.590.212	22,27
2010	Húmeda	5.897.937	29	2.334.964	11,33
2011	Seca	13.351.000	65	12.099.000	58,71

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 9
Beni: fluctuación del área inundada



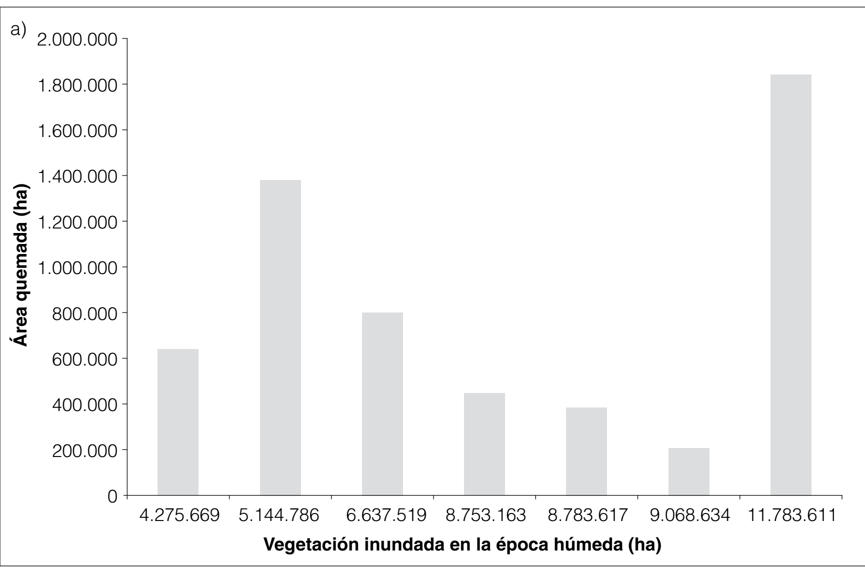
Nota: Las barras negras indican el área inundada en época húmeda y las blancas, en época seca.
Fuente: Elaboración propia.

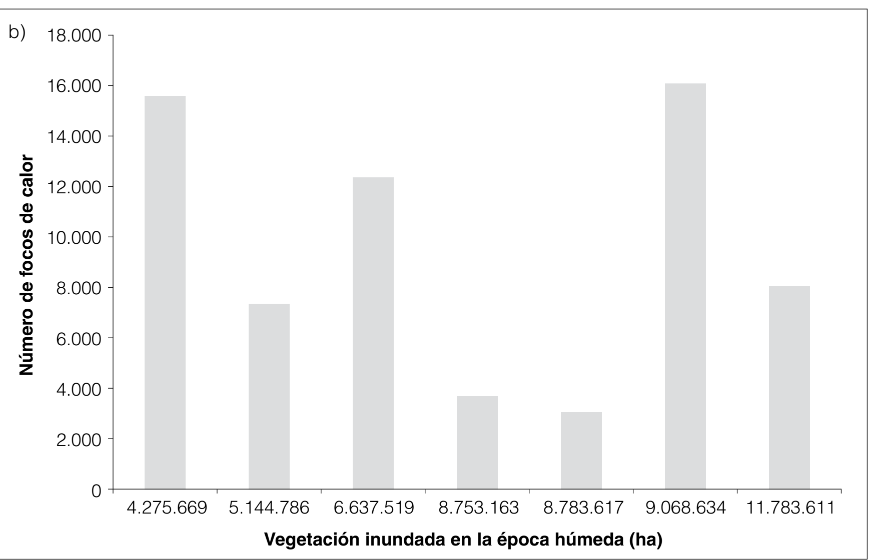
En 2005 y 2010, a pesar de ser dos de los años más secos según el registro climático, las pampas benianas se mantuvieron inundadas hasta mediados de la época seca, observándose un decremento a finales de esta época.

La clasificación de imágenes satelitales permitió complementar el análisis identificando el tipo de vegetación inundada. Entre 2004 y 2011 una gran proporción de la vegetación fue inundada durante la época húmeda (21-57%). De la vegetación inundada, las sabanas fueron las que recibieron la mayor cantidad de agua.

No se observó una relación clara entre la vegetación inundada y los incendios (Número de focos de calor = 0,00015 – 0,0007 * Área de vegetación inundada, R^2 ajustado = -0,05; P = 0,45; gráfico 10). El área quemada mostró un decrecimiento paulatino a medida que el área de vegetación inundada durante la época húmeda aumentó (Área quemada = 0,000045 + 0,041 * Área de vegetación inundada; R^2 ajustado = -0,16; P = 0,69). A excepción del año 2005, que registró una alta proporción de áreas quemadas durante la época seca y vegetación inundada durante la época húmeda, no se observó una relación significativa entre el número de focos de calor y el área inundada.

Gráfico 10
Beni: relación entre número de focos de calor, área de vegetación inundada, área quemada y vegetación inundada durante la época húmeda





Nota: Número de A) focos de calor (Número de focos de calor = 0,00015 – 0,0007 * Área de vegetación inundada; R^2 ajustado = -0,05; P = 0,45) y B) área quemada y vegetación inundada (Área quemada = 0,000045 + 0,041 * Área de vegetación inundada, R^2 ajustado = -0,16; P = 0,69)

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV
Percepción sobre los incendios

1. Percepción local sobre los incendios

Se aplicaron 21 encuestas a ganaderos, indígenas y campesinos en las provincias Marbán y Cercado del departamento del Beni. En base a éstas se puede indicar que existen diferentes modos de apreciar la problemática de incendios, según el grupo social encuestado.

Por ejemplo, para el sector ganadero los incendios de mayor magnitud se desarrollaron en los años 2003, 2008 y 2011, y fueron atribuidos a la sequía, los vientos locales y la demora de la ABT en extender los permisos de quemas controladas, lo que obligó a realizar esta actividad en plena época seca cuando las condiciones meteorológicas propician que los incendios se puedan salir de control. Los principales daños que sufren por causa del fuego son la pérdida parcial o total de los pastizales para el alimento de su ganado, enfermedades en el ganado (heridas, síndrome pulmonar, fatiga, aborto), perdida de infraestructura (postes, alambrado, bretes, corrales, maquinaria) y muerte de fauna silvestre.

En relación a cómo se inician los fuegos, este grupo lo atribuye principalmente a la roza, tumba y quema de áreas de cultivo, actividades que se incrementan con la temporada agrícola. Entre las medidas que toman para controlar el fuego, ellos recurren a la mano de obra disponible o a maquinaria para construir "callejones rompefuegos" (limpiar los sectores de terreno circundantes a la propiedad para evitar el paso del fuego). También utilizan el "contrafuego", que consiste en generar pequeños incendios en direcciones contrarias; esta práctica es muy utilizada por este sector. Utilizan en menor

medida el acarreo del agua, según la cantidad de gente disponible y la cercanía al río. En algunos casos también utilizan bombas de agua para poder apagar el fuego.

Los grupos sociales que los ganaderos asocian con el uso indiscriminado del fuego son los campesinos, los agricultores y sobre todo los cazadores, campeadores y pescadores, los cuales, según ellos, carecen de prácticas adecuadas de quema.

Entre los efectos positivos que obtienen del fuego se menciona principalmente la inducción del rebrote de pastizales para alimentar al ganado y la eliminación de malezas y alimañas, como ciertas especies de serpientes. Uno de los principales factores por los cuales se producen fuegos descontrolados son: la falta de concientización de la gente y la falta de agua y de maquinaria. Comentan que al generarse el fuego de manera repentina, no cuentan con una adecuada capacidad de reacción, lo que se traduce en una carencia de un "plan de acción" que indique cómo actuar ante estas situaciones. En resumen, las personas no cuentan con la capacitación adecuada para enfrentar esta problemática de manera efectiva.

En cuanto a las disposiciones legales existentes para el manejo del fuego, los ganaderos afirman que las normativas deben ser más efectivas y, sobre todo, que deben ajustarse a la realidad de los sectores afectados. Asimismo, es importante dar una mayor difusión a los aspectos legales —que es una deficiencia de la ABT, que no efectúa campañas de difusión y concientización sobre este tema—; esta sería una de las principales recomendaciones del sector ganadero para reducir la frecuencia e intensidad de los incendios, así como la autorización temprana de quemas solicitada a la ABT y el generar medidas preventivas.

Para el caso del grupo indígena, se entrevistó a pobladores de las comunidades Loma del Amor (Loreto) y Mazi (Camiaco), ambas de la etnia yuracaré. Este sector indica que los incendios de mayor magnitud se desarrollaron en los años 2003, 2004, 2005 y 2011, y los atribuyen a la sequía de esos años. Los principales daños están relacionados con el cambio en la cobertura del suelo (p.ej., un bosque quemado se transforma en barbecho), la destrucción de árboles

maderables con los que fabrican canoas, la destrucción de sus casas de jatata y accidentes relacionados, y sobre todo el alejamiento de la fauna silvestre, lo que hace mucho más difícil su cacería. Ambas comunidades atribuyen el origen de estos incendios a los ganaderos de la zona, que realizan quemas en las pampas para el rebrote de los pastos. La apertura de "caminos o callejones" es la principal práctica que utilizan para hacer frente al fuego, así como el acarreo manual de agua del río. Entre los usos que ellos le dan al fuego están el chaqueo de su área de cultivo y la cocción de sus alimentos.

Estas comunidades sugieren que para evitar los incendios se debe llevar adelante campañas de educación y difusión sobre el tema, pues creen que así se puede generar mayor conciencia entre la gente. En cuanto a las normativas legales, ambos grupos desconocían totalmente la legislación respectiva (como la solicitud de permisos de quema, por ejemplo). De todas maneras, estas comunidades, por su modo de vida basado en el contacto directo con el bosque, son más susceptibles a los efectos de los incendios,ya que sus pérdidas son substanciales, les generan malestar e incertidumbre y provocan en muchos casos que migren o cambien de asentamiento.

Respecto al grupo campesino-agricultor, solo se los ha registrado en la provincia Marbán, cerca al municipio de Loreto; no poseen asociaciones y su cultivo es de pequeña a mediana escala. Para ellos los mayores incendios ocurrieron en 1998, 1999 y 2002,y los atribuyen también a la sequía muy fuerte de esos años y a las prácticas de chaqueo. Entre los principales daños y perjuicios que los agricultores mencionan figuran la pérdida de sus cultivos casi en su totalidad, el deterioro de la tierra y la pérdida de zonas de pastoreo, pues combinan la práctica agraria con la ganadería. También reportan la aparición de infecciones ocasionadas por el excesivo humo, como la conjuntivitis, y la contaminación de los ríos por la ceniza depositada. Los campesinos utilizan el fuego para la quema de sus chacos al momento de iniciar algún cultivo y atribuyen los incendios a no aplicar prácticas adecuadas, como el "callejoneo", que evitan que las llamas se propaguen.

Entre las principales acciones para combatir incendios mencionan la realización de campañas de callejoneo utilizando la *minga*

(actividad comunitaria), para así poder abarcar superficies más grandes y evitar daños mayores, aunque aplican esta práctica de manera muy improvisada, solo cuando ocurre un siniestro. También identifican la falta de educación como una de las principales causas de la aparición de incendios, arguyendo que la difusión y el cuidado adecuado son muy importantes para evitarlos. Sobre el conocimiento de normas legales, sostienen que han solicitado permisos de quema a la ABT pero que han tenido dificultad en obtener una respuesta, debiendo recurrir a las prácticas tradicionales, sin aplicar las recomendaciones que emanan de la autoridad.

Entre los daños que ha causado el fuego entre los ganaderos, su presidente comenta que el transcurso de los años se han producido muchas pérdidas; entre las más graves figuran vidas humanas y maquinarias, como tractores y segadoras. Como los principales factores que impiden que se controlen los fuegos están la falta de concientización en el área rural y sobre todo que el que no existe un sistema de alerta o de reacción rápida; las disposiciones legales por parte de la ABT también son un problema para el sector ganadero, pues muchas de los permisos solicitados a tiempo se retrasan debido a la burocracia. También se manifiesta que las normativas legales deben estar ajustadas a la perspectiva de los sectores a normar; en este caso, es necesario un ajuste para el sector ganadero. El máximo responsable de los ganaderos de Beni y Pando sostiene también que para hacer más efectivas las disposiciones legales tienen que haber ajustes focalizados a la problemática independiente de los afectados, así como una mayor difusión y socialización de la problemática fuego para que la normativa legal vaya más allá del círculo "urbano" y se proyecte dentro de las comunidades. Finalmente, pero no por ello menos importante, es preciso que las normativas vengan acompañadas de herramientas de control o mitigación. Entre las principales recomendaciones del sector ganadero para la reducción de la frecuencia del fuego está el que la "autorización de las quemas solicitadas debe darse en un tiempo prudente"; generar mayor difusión en la ciudad y el campo y, sobre todo, tener o desarrollar planes de prevención y/o control de los incendios.

Entre los principales factores que impiden el control de fuegos, de acuerdo con los entrevistados, está el que no se planifica u organiza la quema según la época y la extensión del terreno a quemar. Las

disposiciones legales, según el encuestado, no son efectivas pues no se da una adecuada socialización mediante la radio, que es el único medio que llega a las comunidades

2. Análisis de la información periodística

El Beni es el segundo departamento con mayor número de focos de calor en Bolivia durante la época seca. En primer lugar siempre está Santa Cruz (http://www.bolpress.com/art.php?Cod=2010082601). Los datos periodísticos corroboran las tendencias respecto al número de focos de calor y áreas quemadas, y aunque mayormente manejan cifras nacionales, ocasionalmente brindan información departamental o municipal. La información disponible en los medios consultados abarca de 2004 a 2011. Del total de notas informativas revisadas, el 64% son del año 2010, tal vez debido a la inusual cantidad de quemas reportadas en el país, y que incluso podrían llegar a rebasar las cifras históricas de 2005, año que, paradójicamente, no cuenta con ningún reporte en los periódicos digitales. Asimismo, el 92% hace referencia a los incendios (36), solo un 5% (2) a las inundaciones y el restante 3% (1) menciona ambos fenómenos. Tal vez estas cifras estén sesgadas y sea necesario complementar esta información con las noticias publicadas en ejemplares impresos.

A continuación se mencionan los eventos más relevantes en materia de incendios e inundaciones reportados para el Beni en el período 2004-2011 siguiendo un orden cronológico. En octubre de 2007 se reportan 12.000 focos de calor ubicados en su mayoría en las regiones bajas del país, de los cuales solo el 13% contaba con autorización de quemas (http://www.lostiempos.com/diario/actualidad/nacional/20071003/densa-humareda-cubre-gran-parte-del-pais_20103_24373.html). Esta situación devela el débil cumplimiento de las normas y es congruente con los resultados obtenidos en las encuestas.

En febrero de 2008 el director general de Recursos Forestales, Jaime Villanueva, manifestó que desde el año 1999 hasta 2004 el número de focos de calor en el territorio boliviano se ha incrementado de manera alarmante (www.redbolivia.com), afirmación que coincide con los patrones encontrados en el Beni en este estudio (véase gráfico 3).

En mayo de 2008 la agencia ABI publica una de las pocas noticias sobre inundaciones en el Beni, e indica que el director del SENAMHI, Félix Trujillo, informó sobre la implementación de un sistema de alerta temprana en el departamento conformado por 14 puntos de observación meteorológica que permitirán conocer las variaciones del clima, la intensidad de las precipitaciones pluviales y el comportamiento de los ríos, y que ayudarán a prevenir las inundaciones (http://reliefweb.int/node/267327).

En el año 2009, al igual que en 2005, no se registran noticias sobre incendios o inundaciones en el departamento. En julio de 2010, el SENAMHI informa que Bolivia es el segundo país con más focos de calor en Sudamérica, superado solo por Brasil (http://www.lostiempos.com/diario/actualidad/nacional/20100701/en-junio-se-registraron-752-focos-de-calor_78193_147403.html). El 13 de agosto de 2010 el director nacional de la ABT, Clíver Rocha, declara a la prensa que "De los 6.714 focos registrados los primeros días de agosto a la fecha tenemos más de 17.000, que están afectando a 1.093.940 ha en todo el país". Señala la gravedad del caso "porque el año pasado tuvimos aproximadamente 19.000 focos de calor, pero durante toda la temporada, mientras que en este año ya casi alcanzamos ese número y ni siquiera hemos llegado a la mitad de la época de chaqueos y quemas". En el caso beniano, una reciente imagen satelital mostró que existían alrededor de 1.450 focos de calor producto de las quemas (13/8/2010) .(http://www.lostiempos.com/diario/actualidad/nacional/20100813/registran-mas-de-17-mil-focos-de-calor-en-el-pais_84939_162013.html). Sin embargo aquí probablemente hay un error de magnitud en la cifra que se menciona, ya que según nuestros datos (véase gráfico 3) los récord históricos para el Beni superan los 15.000 focos de calor, es decir alrededor de diez veces lo indicado en la cita anterior

El 16 de agosto del mismo año el alcalde de Riberalta, Mario Campero, informa que las quemas indiscriminadas de pastizales ocasionaron incendios forestales en por lo menos 200 hectáreas. "Los chaqueos están en su auge y los incendios se vuelven incontrolables debido a los fuertes vientos que soplan en todas direcciones, por eso pedimos a los campesinos esperar hasta septiembre, cuando dejen de soplar los vientos" (http://www.lostiempos.com/diario/

actualidad/nacional/20100816/incendios-forestales-provocan-400-focos-de-calor-en_85369_162971.html).

Dos días después la ABT informa que el Beni es el departamento con mayor incidencia de focos de calor en el país, y las autoridades del municipio de Riberalta determinan pasar de la alerta naranja a la alerta roja por el incremento de las quemas (http://www.lostiempos.com/diario/actualidad/nacional/20100818/incendios-en-santa-cruz-dejan-cuatro-municipios-en-emergencia-y-60_85704_163645.html). Al siguiente día Cliver Rocha informa que los incendios cubren ya un millón y medio de hectáreas del territorio boliviano y que "están poniendo en riesgo vidas humanas, poblaciones enteras y están amenazando a las reservas estratégicas de biodiversidad"; además explica que ya se registraron 25.000 focos de calor y que es muy probable que se supere el récord histórico de 50.000 focos registrados el año 2004 porque, en solo tres días, éstos aumentaron en 8.000 (http://www.bbc.co.uk/mundo/america_latina/2010/08/100819_bolivia_fuego_incendios_amazonia_rg.shtml). Si bien esta información brinda datos nacionales, confirma la tendencia que se verifica en el caso del Beni (véase gráficos 3 y 6).

Asimismo, según datos históricos (2000-2010) de la ABT, en todo el país los picos más altos se identificaron en 2004, con 50.464 focos de calor que afectaron más de 6 millones de hectáreas, seguidos por los 29.743 de 2005 que comprometieron aproximadamente 3,5 millones de hectáreas. Hasta el 19 de agosto 2010 se habían reportado 24.961 focos de calor que afectaron a 1,6 millones de hectáreas, superando las 1,2 millones de hectáreas dañadas por el fuego el año anterior (ABT, agosto de 2010, en http://www.bolpress.com/art.php?Cod=2010082301). Entre el 16 y el 22 de agosto de 2010 el Beni registró 14.826 focos de calor y una superficie afectada de 913.246 hectáreas, alcanzando a 18 municipios del Beni, siendo los más damnificados Santa Ana del Yacuma, con 500 quemas, Exaltación, con 440, y Santa Rosa, con 267 (http://www.bolpress.com/art.php?Cod=2010082305). Comparando esa información con los datos generados en este trabajo, el número de focos de calor es similar, aunque no la superficie afectada, ya que en 2010 supera los 2,9 millones de hectáreas.

El 20 de agosto del mismo año Jorge Aldunate, jefe de la División de Meteorología de Cochabamba, informa que prácticamente todo el Beni está con visibilidad restringida y que las operaciones han sido canceladas en casi todas las regiones. Hay ciudades del Beni donde la visibilidad alcanza a solo 200 m, y en otras a 1.000 m (http://www.lostiempos.com/diario/actualidad/local/20100819/cancelan-vuelos-hacia-el-oriente-por-fuerte_85822_163885.html).Esto afecta directamente a las aerolíneas que prestan servicio en el oriente del país. El gerente regional de la empresa aérea Aerocon, Jorge Blanco, indica que pierde aproximadamente 100 mil dólares diarios por la cancelación de vuelos, además de gastos en hotel,comida y otros para las personas que se quedan en medio camino. Para el 23 de agosto, la oficina de Aeropuertos y Servicios Auxiliares a la Navegación Aérea (AASANA) informa que el 76% de los aeropuertos del país continúan inoperables por la densa humareda (http://www.bolpress.com/art.php?Cod=2010082305).

Por otro lado, Clíver Rocha anuncia la reversión de tierras de propietarios que sean identificados como responsables de incendios provocados en forma indiscriminada para cambiar la función de esos terrenos de forestales a agrícolas. "Por esta forma tan cruel de depredación contra los recursos naturales, queremos anunciar que vamos a tramitar [ante la Fiscalía] la reversión de tierras por desmontes ilegales, porque así manda la normativa legal agraria". Rocha explica que cuando se cambia arbitrariamente la cobertura forestal para usos agrícolas se incumple la función económica social y, por tanto, "corresponde la reversión de la propiedad" (24 de agosto de 2010, en http://www.lostiempos.com/diario/actualidad/nacional/20100825/gobierno-preve-revertir-tierras-%E2%80%9Cchaqueadas%E2%80%9D_86645_165705.html). Si se efectúa la reversión, sería la primera vez que se aplique esta sanción de orden agrario "por desmontes ilegales" en el país. Incluso la ABT divulgó una lista con los nombres de 69 propietarios de tierras acusados de causar incendios forestales en Santa Cruz y Beni, que van desde grandes hasta pequeños empresarios y familias menonitas.

Asimismo, ERBOL afirma en sus titulares del 30 de septiembre de 2010: "Moxos arde por incendios forestales, indígenas son los más afectados". Se indica que las comunidades más afectadas

fueron San José del Cabitu, El Chontal, Litoral y Santa Rita, del Territorio Indígena Multiétnico (TIM), y que la superficie quemada llega a 320.968 hectáreas. "Los incendios consumieron más de 300 mil hectáreas de cultivos de maíz, plátano y yuca además de sembradíos forestales como la mara y el cacao, por lo que prevén escasez de alimentos"(http://saludpublica.bvsp.org.bo/cgi/sys/s2a.xic?DB=ByS2=2yS11=21025yS22=b).

Este año concluye con la declaratoria del Beni como zona de emergencia mediante decreto supremo debido a los problemas de sequía y a los focos de incendio que lo afectan (http://www.lostiempos.com/diario/actualidad/nacional/20101007/gobierno-declara-al-beni-como-zona-de-emergencia-por-sequia-y-focos-de_93126_179612.html). La recomendación fue propuesta por el Consejo Nacional para la Reducción y Atención de Desastres y/o Emergencia (CONARADE) y los gobiernos municipales podrán desembolsar los recursos previstos para enfrentar las emergencias y gestionar nuevos recursos para paliar el daño a la producción agrícola y al ganado. Esta declaratoria se mantuvo por lo menos hasta marzo de 2011 debido a los desastres naturales provocados por las intensas lluvias que trajo el fenómeno de La Niña (http://www.fmbolivia.com.bo/noticia49194-beni-prosigue-la-emergencia-por-inundaciones-sequias-e-incendios.html). El presidente del ente cívico de la provincia Ballivián del Beni, Erwin Muller, advirtió que a causa de la sequía, de los frentes fríos y de los focos de calor existentes en esa región, habría escasez de carne de res durante los próximos meses.

Para concluir, la agencia EFE reporta el 27 de septiembre de 2010 que "La mayor sequía de los últimos 30 años causa en Bolivia más de 47.000 incendios", contabilizando "47.835 focos de calor y cerca de cuatro millones de hectáreas quemadas", en la que en su opinión es la "época de sequía más dura". "La sequía ha provocado esta masificación de incendios y su proyección nos dice que se quedará en Bolivia hasta diciembre" (http://noticias-ambientales-internacionales.blogspot.com/2010/09/incendios-en-bolivia-por-una-fuerte.html).

Para 2011, el Centro de Operaciones de Emergencia (COE) declaró en alerta naranja a cuatro municipios del Beni (San Javier, San Andrés, Trinidad y Loreto), esperando que las autoridades de otros

municipios hagan la declaratoria correspondiente pues los incendios estaban latentes en 15 de los 19 municipios, con 7.226 focos de calor registrados en ese departamento (ABI septiembre 2011, http://www.bolpress.com/art.php?Cod=2011091402).

Por su parte, el municipio de San Andrés, provincia Marbán, es declarado en alerta roja y enfrenta incendios que se extienden a viviendas y sembradíos. Unas 50 familias fueron afectadas por el fuego. Las pocas lluvias en los últimos días no fueron suficientes para mejorar las condiciones ambientales y la temperatura aumenta, alcanzando los 40°C el viernes pasado (http://www.lostiempos.com/diario/actualidad/nacional/20110923/beni-en-alerta-naranja-por-la-sequia-e-incendios_142928_294307.html).

3. Interpretación y análisis general

El fuego es una herramienta comúnmente utilizada en la región amazónica para la transformación del paisaje. Se lo emplea para una variedad de actividades económicas que requieren la remoción de vegetación natural (de bosques y pastizales, por ejemplo), para la subsecuente plantación de cultivos agrícolas, ampliación de infraestructura y renovación de pastizales para la cría de ganado vacuno.

En las últimas décadas el empleo del fuego y el incremento de la severidad de los daños producidos por los incendios de origen antrópico se han convertido en un tema de preocupación social, lo cual ha generado una presión pública para crear políticas que permitan regular el uso del fuego y, particularmente, para prevenir incendios descontrolados. Las políticas públicas se han enfocado principalmente en limitar y controlar el uso del fuego por actores individuales. Sin embargo, inconsistencias en políticas a lo largo del tiempo, así como diferencias locales en la implementación de los programas preventivos, han limitado su éxito y la capacidad para evaluar la efectividad de los programas.

Todavía existe mucho por aprender sobre los incendios en la región amazónica, así como sobre los factores naturales y socioeconómicos involucrados. Usualmente las causas socioeconómicas implicadas en la quema de vegetación y las condiciones ambientales

que influyen para la ignición del combustible vegetal son consideradas como temas de investigaciones separadas. La interacción entre aspectos sociales y ambientales —que permitan la creación de un ambiente idóneo para la dispersión de incendios— es una problemática que tiene que ser explorada todavía por estudios empíricos.

En la Amazonía los fuegos de gran escala han coincidido comúnmente con eventos de sequía experimentadas durante El Niño Oscilación Sur –ENSO (Alencar *et al*. 2006). Uno de los eventos con mayor frecuencia de incendios descontrolados se produjo en 1997-1998, cuando El Niño produjo una sequía en la Amazonía (Sombroek 2001, Aragaõ *et al*. 2007). Entre 2000 y 2010, los eventos de El Niño fueron relativamente leves y no produjeron eventos de sequía de gran magnitud en comparación con otros años. Sin embargo en 2005 y 2010 se produjeron dos sequías anómalas, independientes de El Niño, que influyeron en la región amazónica. Ambos años fueron particularmente calientes y secos (Phillips *et al*. 2009), afectando grandes extensiones de la Amazonía, especialmente la región suroeste (Li *et al*. 2006, Marengo *et al*. 2007). En 2005, el centro de la sequía ocurrió en las regiones Madre de Dios (Perú), Acre (Brasil) y Pando y Beni (Bolivia). El Gobierno boliviano declaró al departamento del Beni en estado de emergencia tanto en 2005 como en 2010, por las peores sequías desde 1963 (Oxfam 2009).

Las severas sequías crearon condiciones ideales para la ignición de la vegetación y para la dispersión del fuego hacia zonas aledañas (Aragaõ *et al*. 2007, Lewis *et al*. 2011). Las altas temperaturas, la reducida humedad ambiente, los fuertes vientos y la acumulación de materia vegetal seca fueron algunos de los factores ambientales que influyeron drásticamente en la ignición de la vegetación. Los resultados de la presente investigación confirman previos registros y noticias periodísticas en los que se menciona a 2005 y 2010 como años particularmente secos. Durante ambos se produjo un alto número de focos de calor en el departamento del Beni y en otras áreas del suroeste de la Amazonía, cuando la sequía extrema creó condiciones que permitieron la expansión descontrolada de los fuegos (Aragaõ *et al*. 2007, este estudio). En 2005 los fuegos descontrolados quemaron más de 3.000.000 ha de bosque en la región suroeste de la Amazonía (Nobre *et al*. 1991, Malhi *et al*. 2008). Los resultados del análisis de

imágenes satelitales muestran que el impacto de los incendios fue mucho mayor que el reportado anteriormente. Oxfam (2009) menciona que en 2005 cerca de 500.000 ha fueron afectadas por incendios en el Beni; sin embargo los resultados de este estudio muestran que se quemó una superficie cinco veces mayor, es decir 2.500.000 ha.

Comparaciones con estudios similares muestran que 2005 y 2010 fueron años en que los incendios produjeron la quema de grandes extensiones en Bolivia (Rodríguez-Motellano 2011) y en la región Amazónica en general. Por ejemplo, en el estado del Acre, en Brasil, en 2005 se quemaron 6.500 km^2, de los cuales 3.700 km^2 incluyeron áreas deforestadas previamente y 2.800 km^2 zonas boscosas (Aragaõ *et al.* 2007).

En el año 2010 se intensificaron los incendios. Este hecho resulta particularmente evidente por la superficie quemada en la estación seca de dicho año, que alcanza a más de 2.500.000 ha. Para comprender su magnitud, se la puede comparar con la superficie quemada en el año 2009, de alrededor de 200.000 hectáreas. Esta característica excepcional del año 2010 se expresa también en el número de focos de calor, pero en menor medida que el área quemada en vista de que el número de focos de calor de 2010 es de aproximadamente cinco veces el número de focos de calor del año 2009, mientras que la superficie total quemada es diez veces la de este año. En realidad el año 2009 es un año que se destaca por el alto nivel de inundación en varias regiones de la Amazonía (Chen *et al.* 2010). Mediante técnicas que evalúan cambios en la gravedad terrestre utilizando información de satélites, se ha determinado que el año 2009 es uno de los años en los que el nivel freático en la parte baja de la Amazonía llegó a niveles más altos (Chen *et al.* 2010). El 2009 se destaca como un año excepcionalmente húmedo, tanto por el nivel de inundación como por las precipitaciones en la época húmeda y seca, que fueron las más altas para ambas estaciones en el lapso estudiado.

El año 2004 se registró un alto número de focos de calor en toda la Amazonía (Adeney *et al*. 2009). En el caso particular del Beni, en 2004 se registraron cerca de 16.000 focos de calor, un valor muy similar al observado en 2005. A pesar del exorbitante número de focos de calor en 2004, este año no ha recibido mucha atención en la literatura

ni en reportes técnicos. Si bien no fue un año extremadamente seco (precipitación total anual = 1.357 mm), la comparación con los registros climáticos de la región del Beni sugieren que fue relativamente caliente (temperatura máxima promedio=31,3°C), lo cual podría haber creado las condiciones ideales para la ignición de la vegetación. Entre las posibles causas económicas asociadas con el incremento de los incendios en la región amazónica se encuentra principalmente el aumento del precio de la carne de res por su demanda para consumo nacional e internacional, así como la ampliación de la frontera agrícola para la plantación de monocultivos de arroz (Arima *et al*. 2007). Es muy probable que muchos de los incendios producidos en 2004 fueran generados para promover la regeneración de pastos utilizados para la cría de ganado vacuno (Carmenta *et al*. 2011). Adicionalmente, se producen conflictos sociales por tierras y la construcción de caminos carreteros que facilitan el acceso a regiones previamente inaccesibles.

A diferencia de la visión pública, la cantidad de incendios en el departamento del Beni no se ha incrementado linealmente. El análisis temporal de focos de calor mostró que existe una gran variación en el número de focos de calor y áreas quemadas entre años y, por otro lado, que existen factores climáticos que crean condiciones locales ideales para la combustión de la vegetación (Killeen 2007). Por ejemplo, el trabajo de Marengo (2008) indica que las sequías importantes han estado acompañadas por extensos fuegos, sugiriendo que la interacción sequía-fuego no está restringida únicamente a eventos de El Niño o similares a El Niño. La relación pudo haber estado influenciada por la duración de los períodos secos, la intensidad del período de lluvias y el balance hídrico regional, en que temperaturas elevadas del aire y humedad atmosférica reducida, así como intensa evaporación, pueden afectar el contenido de humedad del suelo en presencia de una estación de lluvias por debajo de lo normal.

Marengo indica además que el inicio y la propagación de los incendios tienen que ver con el contenido de humedad del suelo, el cual está relacionado con la duración de la estación seca y la señal hidrológica, dependiente de la estación de lluvias. Por lo tanto, es posible tener un año que desde el punto de vista hidrológico sea normal, con suficiente lluvia durante la estación lluviosa, pero si la

estación seca es muy larga —lo que también es normal— puede ser considerado como un año seco desde el punto de vista ecológico.

Finalmente, Marengo señala que el año 2005 fue un caso especial, ya que las anomalías en la humedad relativa estuvieron un 8% por debajo de lo normal, indicando condiciones muy secas que favorecieron el secado de la biomasa muerta. Por lo tanto, el incremento de la actividad de los incendios está muy relacionado con las anomalías en las condiciones de humedad.

En el presente estudio se identificaron tres variables que influyeron significativamente: la temperatura máxima promedio, la velocidad del viento y la precipitación total. En el caso de la temperatura máxima y la velocidad del viento, se observó una relación positiva con el número de focos de calor, que tiene una relación negativa con la cantidad de lluvia que se precipitó. Es importante mencionar que existen otros factores que también juegan un importante rol en la dispersión de incendios y que no fueron incluidos en el presente estudio, como el tipo y la cantidad de combustible vegetal acumulado (p. ej., hojarasca y materia vegetal muerta), humedad del suelo y medidas preventivas implementadas para limitar su expansión (Hughes *et al*. 2000).

Los resultados muestran también una relación positiva entre el número de focos de calor y el área quemada. Durante los años en que se produjo la mayor cantidad de focos de calor también se produjeron mayores daños en las zonas quemadas e impactos indirectos como la emisión de grandes cantidades de dióxido de carbono y humo, que provocaron la suspensión de vuelos en 2010 por la falta de visibilidad y un incremento de afecciones respiratorias por inhalación de gases.

La amazónica es una de las cuencas hidrográficas más grandes del mundo, y cubre alrededor del 40% de América del Sur (Josse *et al*. 2007). La cuenca juega un rol importante en el ciclo hidrológico de la región. Durante la época húmeda la superficie promedio de la cuenca cubierta por agua se incrementa hasta tres veces debido al aumento de las precipitaciones locales y la descarga de agua proveniente de ríos de la región andina y de pie de monte. Por ejemplo, durante la época seca, alrededor de 110.000 km^2 se encuentran cubiertos por

agua, mientras que durante la época húmeda se observa un incremento a alrededor 350.000 km^2.

Debido a las altas precipitaciones durante la época húmeda, la región experimenta inundaciones anuales que pueden llegar a extenderse hasta la época seca (Costa y Foley 2002). El año 2009 fue particularmente húmedo y se experimentaron grandes inundaciones en la región amazónica, al punto de que algunos autores catalogaron el evento como una de las peores inundaciones en los últimos cincuenta años (Chen *et al.* 2010).

El río Mamoré juega un rol central en la dinámica hidrológica de la región amazónica de Bolivia. Este río se conecta con el Iténez y posteriormente se une al río Beni y al río Madre de Dios, los cuales tributan al Madera, el mayor tributario del Amazonas. El desborde del río Mamoré produce la inundación de grandes extensiones de los Llanos de Moxos, los cuales se encuentran mayormente cubiertos por sabanas. Las sabanas inundadas cubren un área que va de 1.000.000 a 150.000 km^2 (Bourrell *et al*. 2009). Las inundaciones son causadas por un alto incremento de agua proveniente de los ríos tributarios distribuidos en la cordillera andina y el pie de monte. Adicionalmente, lluvias locales aportan con importantes cantidades de agua, contribuyendo a la crecida del río y su desborde a las zonas aledañas.

Si bien las inundaciones en la Amazonía boliviana son un fenómeno recurrente, todavía no se ha estudiado en profundidad el rol que pueden jugar en la dinámica de los incendios. Comparaciones mensuales sugieren que las inundaciones pueden inhibir los incendios y la quema de la vegetación al mantener los pastizales cubiertos por agua y los suelos húmedos, dificultando la ignición de la vegetación. Asimismo, los resultados de la presente investigación sugieren que los picos de incendios se producen a finales de la época seca, cuando las áreas inundadas se reducen significativamente, facilitando el acceso a áreas previamente inundadas y normalmente de difícil acceso.

4. Incendios y cambio climático

En la región amazónica la precipitación varía en espacio y tiempo. Sin embargo, registros climáticos de grandes períodos de tiempo han

evidenciado una tendencia general a la disminución de la lluvia en un promedio de 0,32% por año (Asner *et al*. 2005, Phillips *et al.* 2009). Asimismo, se anticipa que la frecuencia de sequías aumentará en la región como producto de la deforestación y del cambio climático (Williams *et al*. 2007, Malhi *et al*. 2002).

Modelos predictivos de los cambios en temperatura y precipitación bajo diferentes escenarios de cambio climático sugieren una tendencia hacia la pérdida de humedad ambiente en ciertas regiones del mundo. La región amazónica es considerada como de particular riesgo, especialmente cuando se incluyen los impactos de la intensificación del uso del suelo. Modelos climáticos globales proyectan un probable incremento de las temperaturas entre 1,8 y 4,0°C para fines de 2100 (IPCC 2007). Sin embargo, modelos regionales sugieren un incremento mucho mayor —hasta de 10ºC— de la temperatura en la Amazonía. Varios modelos climáticos también predicen una reducción moderada (IPCC 2007) o severa de la precipitación regional (Cox *et al.* 2000).

Pérdidas sustanciales de los bosques amazónicos y de otro tipo de vegetación impactarán sobre el clima de la región debido a la reducción de las tasas de evaporación y cambios en el régimen de precipitación, y también globalmente debido al incremento de concentraciones de dióxido de carbono y otros gases como óxido nitroso y metano (Alencar *et al*. 2006).

El incremento de las temperaturas y la disminución de la precipitación podrían incrementar la frecuencia de las sequías en la Amazonía, con efectos negativos en la vegetación, produciéndose cambios de un tipo de vegetación relativamente resistente al fuego por otra altamente inflamable. Considerando que los incendios en la Amazonía son producto mayormente de actividades humanas (UNEP 2002), es necesario integrar cambios en el uso del suelo y prácticas de manejo de la tierra en los modelos de cambio climático futuros.

Cambios en el clima afectarán directamente los ciclos de fuego, a través de variaciones en las temperaturas y en la precipitación, e indirectamente a través de cambios en la composición de la vegetación.

En caso de que las temperaturas se incrementen y la precipitación disminuya, existe una alta probabilidad de que combustibles que comúnmente están húmedos y no pueden ser quemados durante la época seca sean quemados rápidamente o sean más susceptibles a quemarse. La frecuencia de sequías constituirá una determinante importante para la frecuencia de incendios y para la extensión de las quemas.

Los años de El Niño han sido considerados generalmente como años de grandes eventos de incendios (Cochrane *et al*. 1999, UNEP 2002, Alencar *et al*. 2006). Sin embargo, evidencias recientes muestran la ocurrencia de intensas sequías que propiciaron incendios en 2005 y 2010, independientemente de El Niño (IPCC 2007). Durante estos años se evidenció un drástico incremento de los incendios, así como la quema de grandes extensiones de sabanas y bosques.

Fuegos de origen natural ocurrieron en la Amazonía comúnmente antes de la llegada de grupos humanos, especialmente en vegetación dominada por sabanas y zonas de transición entre pastizales y bosques. Sin embargo, el crecimiento poblacional y la intensificación del uso de la tierra han modificado drásticamente la frecuencia y la intensidad de los mismos.

La alteración de los patrones de precipitación y temperaturas producto del cambio climático también podrían alterar los regímenes de inundación debido a la disminución del agua descargada en la cuenca amazónica (Arora y Boer 2001). Algunos modelos proyectan un incremento en la variabilidad de la precipitación, causando una mayor variabilidad espacial y temporal en la descarga de los ríos y áreas inundadas (Coe *et al*. 2002). Los cambios en la época, duración y altura de la inundación producirán modificaciones en la distribución de la vegetación (Langerwish *et al*. 2012).

Estimaciones del INPE (2004) sugieren que alrededor del 15% de la vegetación en la Amazonía ha sido eliminada en las últimas décadas. Anualmente alrededor de 20 millones de hectáreas son transformadas para ser utilizadas en actividades económicas, empleándose el fuego como una herramienta para eliminar la vegetación natural durante la época seca (INPE 2005). Son necesarias la creación de políticas y

la implementación de programas que permitan regular las quemas y prevenir incendios descontrolados. Sin embargo, existe un gran reto para diseñar medidas efectivas que incluyan futuros cambios en el medio ambiente como producto del cambio climático.

CAPÍTULO V

Relevancia de los resultados de la investigación en el ámbito social y político

La investigación presenta un enfoque diferente sobre el problema de los incendios que puede sentar bases para establecer un sistema de predicción de situaciones de riesgo extremo. Presenta también información que puede llevar a una breve evaluación de las políticas actualmente aplicadas para lograr un mayor impacto en el manejo del fuego.

Cabe recordar que a causa de los incendios se pierde gran cantidad de recursos económicos y se ponen en riesgo la vida y propiedad de las personas, y que es una responsabilidad del Estado establecer un sistema de predicción de eventos extremos en el caso de fuegos que, mediante el enfoque presentado en esta publicación, le permita atender el problema en un tiempo razonable.

El estudio ha permitido trabajar a equipos del Museo Nacional de Historia Natural y de la Asociación para la Biología de la Conservación – Bolivia en uno de los fenómenos que tiene más impacto sobre la conservación de la biodiversidad. Queda claro que el fuego seguirá siendo utilizado en la región para la gestión de pastos y para otras actividades de la producción agropecuaria. Bajo estas circunstancias, es importante poder brindar opciones alternativas que tengan en cuenta las necesidades de los actores locales.

1. Normativa vigente relacionada a quemas ilegales

A continuación se indica la normativa vigente relacionada directamente con la prevención, el control y, en algunos casos, la penalidad que pueda imponerse respecto a los incendios.

El régimen de Defensa Civil —establecido mediante la Ley para la Reducción de Riesgos y Atención de Desastres (Ley Nº 2140 de 25 de octubre de 2000)— gira en torno a la actividad del SISRADE (Sistema Nacional para la Reducción de Riesgos y Atención de Desastres y/o Emergencias), que considera a los incendios como riesgos o desastres,y como parte de las actividades de "Reducción de Riesgos" conceptualizadas por esta norma como "todas las actividades comprendidas en las fases de prevención, mitigación y reconstrucción destinadas a impedir o reducir el eventual acaecimiento de un desastre y emergencia" (Rivera *et al*. 2008).

En el documento de Rivera *et al.* 2008, se hace referencia a la "prevención" con un enfoque de Reducción de Riesgos, en correspondencia con los marcos normativos y de las nuevas políticas gubernamentales de nuestro país. Y el "control" tendría relación con las competencias institucionales de los distintos organismos del Estado, relacionados con el uso del suelo y recursos forestales.

El artículo 23 de la Ley 2140 establece que se declara la situación como desastre o emergencia a través de un decreto supremo, previa recomendación del CONARADE; el decreto debe incluir "la clasificación del hecho según su magnitud y efectos". Las limitaciones a la aplicación de este tipo de normativas, que no son muy definidas, derivan tanto del diseño del mecanismo de acción como de las reducidas posibilidades físicas e institucionales para atender los incidentes de forma efectiva.

2. Atribuciones de entidades relacionadas

2.1. La Superintendencia Agraria y Forestal

La Superintendencia Agraria fue creada como entidad pública autárquica con jurisdicción nacional. En el tema de incendios su rol se concreta a competencias de regulación, control, inspección y normativas, de acuerdo con el artículo 26 de la Ley 1715.

Al disponer de jurisdicción nacional, las superintendencias Agraria y Forestal tienen competencias de acción vinculadas a incidentes tales como incendios. La Superintendencia Agraria menciona entre

sus atribuciones: diagnosticar, fiscalizar, promover, regular y controlar "el uso adecuado y sostenible de la tierra", ejerciendo facultades de inspección, y "disponer medidas precautorias necesarias para evitar el aprovechamiento de la tierra y sus recursos en forma contraria a su capacidad de uso mayor y aplicar sanciones administrativas establecidas en disposiciones legales vigentes" (Ley 1751, artículo 26, incisos 1, 6 y 7).

La Resolución Administrativa 093/2007 da aplicabilidad al "Reglamento de Autorización y Seguimiento de Quemas Controladas de Pastizales", además de la facultad poder ejercer control y aplicar sanciones administrativas dentro del régimen del "Sistema de Multas Progresivas y Acumulativas" establecido en el Reglamento de la Ley Forestal (D.S. Nº 24453 de 21 de diciembre de 1996).

El sistema de multas progresivas y acumulativas establece "una multa base y su progresión, como sanción a determinadas infracciones y su reincidencia" (artículo 42 del D.S. 24453). Haber recibido diez multas progresivas y acumulativas y no haberlas pagado puede dar lugar a la expropiación o reversión del predio, fundamentándose en el incumplimiento de la función social o económico-social y el perjuicio al interés colectivo, según lo establecido en los artículos 58 y 51 de la Ley 1715.

Existe asimismo el Sistema de Control y Monitoreo de Quemas de Pastizales, que se regula por el actual Reglamento de Autorización y Seguimiento de Quemas Controladas de Pastizales, aprobado mediante la Resolución Administrativa Nº 093/2007.

Para obtener autorización de quema se presenta un formulario de solicitud, en el que se aporta información del predio. Este formulario posee carácter de declaración jurada sobre el cumplimiento de las normas técnicas de quema controlada, para los fines correspondientes de monitoreo, control y sanción.

La solicitud de quema permite realizar dos tipos de verificación: una en campo, por muestreo, a través de brigadas de campo de la Superintendencia Agraria, y una segunda, mediante el monitoreo de quemas por sensores remotos, que utiliza el sensor del Radiómetro

Avanzado de Alta Resolución (por sus siglas en inglés AVHRR), que permite un seguimiento diario permanente de la evolución de quemas y detección del fuego en todo el territorio nacional. Esta metodología permitió el procesamiento de 316 infractores en septiembre de 2007, que aumentaron a 380 en octubre de ese mismo año.

2.2. La Autoridad de Fiscalización de Bosques y Tierra (ABT)

La ABT informa que cada año se desmontan 300 mil hectáreas de bosques, el 90% de las cuales son desmontes ilegales. Entre 1996 y 2011 se han desmontado más de 3,5 millones de hectáreas, y solo se sancionó el 30% de los casos.

De acuerdo con el Reglamento sobre Sanciones que actualmente maneja la ABT, se aplica una multa de 0,20 centavos de dólar por hectárea quemada ilegalmente, calculando el monto de la multa sobre la superficie total del predio. Para los desmontes se aplica una patente sobre la superficie desmontada, multa que varía según si el área forestal es de carácter permanente o de uso múltiple.

La ABT puede influir en el Instituto Nacional de Reforma Agraria (INRA) para revertir la tierra de los propietarios que no hayan cumplido con las sanciones impuestas por haber realizado quemas sin permiso: puede sugerir que se proceda a la reversión por no cumplir con parte de la función económico-social.

2.3. El Servicio Nacional de Áreas Protegidas (SERNAP)

El SERNAP es una institución que debería estar involucrada en el tema de los incendios y quemas ilegales, ya que tiene competencia sobre poco menos del 20% de la superficie de Bolivia. Por otra parte existe competencia conjunta en el caso de algunas áreas de reserva e indígenas, como el Territorio Indígena y Parque Nacional Isiboro-Sécure (TIPNIS), que posee un carácter de área protegida a la vez que es un territorio indígena. Según el D.S. 24781 del Reglamento General de Áreas Protegidas, que se encarga de regular la gestión de las áreas protegidas, se establece el funcionamiento del denominado Sistema Nacional de Protección como órgano de apoyo de las áreas protegidas, y establece también que el SERNAP dispone de capacidad de

juzgamiento en el caso de incendios en estas áreas (incisos a) y b) del artículo 90 del D.S. 24781).

Los trabajos de control y vigilancia de los fuegos pueden efectuarse a partir de una denuncia y las acciones pueden estar a cargo del cuerpo de protección de las áreas protegidas y circunscritas a actividades de verificación en campo, vinculadas al procedimiento de infracciones y sanciones bajo los artículos 91 y ss del D.S. 24781. Sin embargo, el SERNAP carece del suficiente equipamiento técnico como para efectuar verificaciones de fuego en tiempo real: centrales de operaciones fijas, aéreas y móviles, puestos de vigilancia, protocolos de acción u otros, que permitan la puesta en funcionamiento de una verdadera red de vigilancia a nivel nacional para el cumplimiento de sus tareas de control.

2.4. El Viceministerio de Biodiversidad, Recursos Forestales y Medio Ambiente

El Viceministerio de Biodiversidad, Recursos Forestales y Medio Ambiente (VBRFMA) es la Autoridad Ambiental Competente Nacional (AACN), en virtud del régimen de la actual Ley de Organización del Poder Ejecutivo (Ley 3351, de 21 de febrero de 2006), su reglamento (D.S. 28631 de 8 de marzo de 2006) y el D.S. 29057 de 14 de marzo de 2007, que lo declara como tal.

Sus atribuciones con respecto a las quemas se enfocan en un diseño de normas técnicas y de control del medio ambiente para chaqueos, desmontes, labranzas, empleo de maquinaria agrícola, uso de agroquímicos, rotaciones, prácticas de cultivo y uso de praderas.

Conclusiones

De todo lo anteriormente expresado se puede evidenciar un conjunto de factores que hacen que los procedimientos de control sean de difícil aplicabilidad, y que mucho menos promuevan un manejo adecuado del fuego. En términos generales, la atención del Estado se ha concentrado en indicar uno de los tres componentes clásicos en el análisis de fuegos e incendios en áreas naturales. Estos tres elementos son la disponibilidad de material combustible, la ignición (inicio) del fuego y la provisión de oxígeno o avivamiento del fuego. El elemento que ha recibido mayor atención es el inicio del fuego, lo que, sin embargo, tiene implícitas grandes dificultades en términos de aplicación. Por ejemplo, el hecho de que una parcela haya sido quemada no implica necesariamente que el propietario sea responsable de haber iniciado el fuego, que es la acción que sería punible. Demostrar la ignición por parte de una persona física es sumamente difícil, a no ser que existan testigos presenciales. Cabe recordar que estamos hablando de áreas rurales caracterizadas por relaciones de largo plazo entre vecinos, lo que hace que la denuncia sea poco probable en caso de que existan relaciones positivas, y que sea cuestionable en caso de que existan rencillas.

Otro de los problemas evidentes en el esquema de aplicación de control de fuegos es la extremada dificultad burocrática para obtener los permisos. Valga indicar, como ejemplo, que las oficinas en las cuales se puede obtener los permisos no están distribuidas por todo el territorio nacional, y que en las áreas que nos preocupan la comunicación es costosa y que trasladarse de un punto a otro requiere de un gran esfuerzo económico y físico. La tradicional sobrecarga de trámites que implica este tipo de procedimientos hace que las

respuestas difícilmente sean oportunas. Esta situación, ampliamente reconocida por la población residente de la llanura beniana, da como resultado un retraso en el inicio de las quemas, lo que, de acuerdo a nuestra percepción, provoca que se incremente la imposibilidad de control del fuego, puesto que las quemas que se realizan cuando la época seca está avanzada tienen varios factores en contra de la contención del fuego.

Si bien el estudio no ha podido atender adecuadamente los ambiciosos objetivos propuestos de determinar la relación directa entre inundaciones e incendios, permitió identificar la variación espacial y temporal de los incendios en el departamento del Beni. Desde un punto de vista temporal, se observó una alta variabilidad en la frecuencia de incendios, medida por el número de focos de calor. Los años en que se observó picos de focos de calor estuvieron relacionados con años extremadamente secos y calientes. Durante esos años también se observó la mayor cantidad de áreas quemadas, sugiriendo la expansión descontrolada hacia las zonas aledañas. Los resultados de esta parte del trabajo confirman reportes y estudios científicos sobre la vulnerabilidad de la Amazonía a incendios descontrolados durante sequías extremas.

Desde un punto de vista espacial, se observó una alta variación en el registro de incendios entre municipios. Exaltación, Santa Ana del Yacuma y San Ignacio de Moxos fueron los municipios donde se registró la mayor cantidad de incendios. Es muy probable que la alta incidencias de quemas esté relacionada con actividades económicas, especialmente la ganadería, en la que el fuego resulta una herramienta de bajo costo y de fácil uso para promover la regeneración de pastos.

Este estudio es, asimismo, uno de los primeros en realizar un análisis cuantitativo que integra registros climatológicos y focos de calor para Bolivia. Los resultados muestran que altas temperaturas y vientos fuertes crean condiciones ideales para la ignición de la vegetación y su expansión hacia otras áreas, en tanto que altas precipitaciones inhiben la propagación de los incendios al mantener húmedos la vegetación y los suelos.

Los resultados también resaltan la vulnerabilidad de la región a eventos extremos —olas de calor, sequías e inundaciones— bajo un escenario de cambio climático. La predicción de cambios futuros en el clima a escala regional está limitada por el corto período de registros climatológicos y las altas fluctuaciones de temperatura y precipitación entre años, puesto que se observaron años extremadamente calientes seguidos por otros inusualmente húmedos.

Entre las limitaciones que se tuvo en el trabajo está la carencia de imágenes satelitales para los años 2000-2004 que tengan las mismas características que el sensor MODIS Terra. Se intentó subsanar la información usando imágenes Lansat 5 TM, pero por sus características de gran resolución (30 m^2) se necesitaba más de 15 imágenes por mes, lo que multiplicaba enormemente la inversión de tiempo solo en la descarga y elaboración de mosaicos para poder cubrir el área de estudio. Por este motivo, y por los escasos recursos disponibles, tuvo que reducirse el período de análisis.

Aunque se intentó que el análisis incluyera la época seca del año 2011, esto no fue posible ya que las coberturas del área quemada solo estaban disponibles hasta el mes de agosto de ese año, y no para los meses pico (septiembre y octubre). Asimismo, la información descargada para ese año estaba muy sobredimensionada, ya que su tabla de atributos carecía de un campo que permitiera un filtrado adecuado, lo que sobreestima en cuatro veces la cantidad de focos de calor de 2011 en comparación a 2010, año que registró el mayor número de focos de calor en la región.

Es evidente que la relación entre la acumulación de materia orgánica e incendios —planteada por Grau y otros investigadores para la zona de "las Yungas", en particular para los bosques de aliso del noroeste de la República Argentina (Grau y Veblen 2000), basándose en estudios de dendrocronología[4] que cubrían un horizonte de 100

4 La dendrocronología es la ciencia que se ocupa de la datación de los anillos de crecimiento de las plantas arbóreas y arbustivas leñosas. Basada en el patrón de crecimiento de anillos, la dendrocronología analiza patrones espaciales y temporales de procesos biológicos, físicos o culturales. Permite evaluar condiciones ambientales a lo largo de períodos prolongados en términos ecológicos

años— no se obtiene tan contundentemente de la información que hemos tenido a nuestra disposición. Sin embargo el carácter excepcional de la superficie de las áreas quemadas el año 2010 correspondería al planteamiento de que la materia orgánica acumulada en un año previo incrementa tanto el riesgo como los impactos del fuego en la estación seca que viene a continuación de esa acumulación. La excepcional época húmeda, tanto en inundación como en precipitación, que se dio el año 2009, a la que sucedió el peor período de incendios del tiempo que hemos considerado, indica contundentemente la existencia de esta relación.

Esta relación, sin embargo, no es simplemente lineal y resulta mucho más difícil de detectar por la baja disponibilidad de imágenes que permitan cuantificar el número de focos de calor. Hemos trabajado predominantemente en sabana, en la cual seguramente será problemático obtener información dendrocronológica; sin embargo, es una línea de investigación que se debe explorar. Es importante resaltar que la posibilidad de prever eventos extremos y de tomar decisiones oportunas aumenta en la medida en que podamos evaluar con suficiente anticipación los factores que contribuyen a la intensidad de los incendios. De esta manera, aumenta la importancia de la evaluación de la materia orgánica acumulada que pueda servir de combustible para los incendios.

En esta línea, las acciones necesarias para la prevención deberían ser aquellas que tiendan a reducir la intensidad del fuego a partir de la reducción del combustible disponible. Esta forma de plantear las cosas, que es actualmente uno de los enfoques más utilizados en el manejo del fuego, podría ser perfectamente incorporada en las políticas de gestión del fuego en nuestro país. Aunque, evidentemente, es necesario mantener las acciones necesarias para reducir la frecuencia de inicio de los fuegos, creemos que es necesario reevaluar algunas de las acciones que se están llevando a cabo. Por ejemplo, es una percepción generalizada entre las personas entrevistadas para este estudio el que los requerimientos burocráticos de los permisos hacen que se retrase el inicio de las quemas, lo cual resultaría de lo más contraproducente para reducir el impacto de los incendios, pues estas quemas tardías se realizarían en la época de vientos más fuertes, que coinciden con finales de la época seca, cuando las posibilidades

de que los fuegos se esparzan es mayor y las posibilidades de control son mínimas.

Debido a la importancia de las relaciones que detectamos en la dinámica del fuego en la región, debería recomendarse que las quemas se hagan lo más temprano posible. Debe evitarse las quemas tardías, cuando la vegetación está más seca.

Finalmente, queremos enfatizar que el control del fuego —o más bien su manejo— depende directamente de la población que desde siempre lo ha utilizado para sus actividades productivas. Por esta razón es absolutamente necesario que se reconozca la importancia del fuego en la gestión de las actividades en el área que nos ocupa. Uno de los comentarios que se ha recogido en las entrevistas, y con el cual nosotros estamos totalmente de acuerdo, es que el medio de comunicación adecuado para comunicarse oportunamente con la población rural, no solo en el Beni sino en todo el país, es la radio. Este medio de comunicación tiene además la gran ventaja de establecer en la audiencia una percepción de presencia que es imposible de transmitir a través de folletos. Al fin y al cabo, éste y otros procesos jamás podrán instituirse establecerse sin una participación activa, o más bien una apropiación por parte de la población local.

Está claro entonces que es necesario establecer una capacidad de predicción asociada a una comunicación más ágil que permita definir un calendario de quemas orientado a evitar acumulación de combustible y las quemas en épocas de alto riesgo, y que permita asimismo contar con el apoyo de la población local

Bibliografía

Ackerly, D. D., S. R. Loarie *et al*.
2010 "The geography of climate change: implications for conservation biogeography". En: *Diversity and Distributions* 16: 476-487.

Adeney, J. M., N.L. Christensen y S.L. Pimm
2009 "Reserves protect against deforestation fires in the Amazon", En: *PloS One* 4:1-14.

Alencar, A., D. C. Nepstad y M. C. Vera Díaz
2006 "Forest understory fire in the Brazilian Amazon in ENSO and no-ENSO years: area burned and committed carbon emissions". En: *Earth Interactions* 10: 6.

Aragaõ, L.E., O.C. Malhi, R.M. Roman-Cuesta, S. Saatchi y L.O. Anderson
2007 "Spatial patterns and fire response of recent Amazonian droughts". En: *Geophysical Research Letters* 34.

Arenas, Juan
2009 "El Impacto del Cambio Climático en Bolivia hasta 2100: Estimación de los costos de eventos extremos sobre la infraestructura pública y la producción agropecuaria". Serie *Documentos de Trabajo sobre Desarrollo* Nº 15.

Arima, E. Y., C. S. Simmons, R.T. Walker y M.A. Cochrane
2007 "Fire in the Brazilian Amazon: a spatially explicit model for policy impact analysis". En: *Journal of Regional Science* 47:541-567.

Arora, V. K. y G. J. Boer
2001 "Effects of simulated climate change on the hydrology of major river basins". En: *Journal of Geophysical Research and Atmosphere* 106: 3.335-3.348.

Asner, G.P., D.E. Knapp, E.N. Broadbent, P.J.C. Oliveira, M. Keller y J.N. Silva
2005 "Selective logging in the Brazilian Amazon". En: *Science* 310:480-482.

BBC-World News
2010 "Bolivia declares fire emergency" (20/08).

Bolpress
2010 "Bolivia se moviliza contra incendios forestales" (20/08)

Beck, S.G., F. Zenteno-Ruiz, R. López, D. Larrea-Alcázar, J. Uzquiano y A. Antezana
2008 "Estudio del impacto del fenómeno ENSO (El niño Oscilación del Sur) en la diversidad biológica de Beni y Pando". Informe de consultoría. Ministerio de Desarrollo Rural, Agropecuario y Medio Ambiente, Viceministerio de Biodiversidad, Recursos Forestales y Medio Ambiente.

Beck, S. G. y M. Moraes
1997 "Llanos de Mojos Region". En: S. D. Davis *et al.*, *Centers of Plant Diversity*. Vol. 3., The Americas, Oxford, UK: WWF, IUCN: 421-425.

Beck, S.G. y M. Moraes
2004 "Características biológicas generales de la llanura del Beni". En: M. Pouilly, S.G. Beck, M. Moraes y C. Ibáñez, *Diversidad biológica en la llanura de inundación del río Mamoré. Importancia ecológica de la dinámica fluvial*. Santa Cruz, Bolivia: Fundación Simón I. Patiño.

Boschetti, L., D. Roy y A. Hoffmann
2009 *MODIS Collection 5 Burned Area Product - MCD45. User's Guide*. Versión 2.0.

Bourrel, L., L. Phillips y S. Moreau
2009 "The dynamics of floods in the Bolivian Amazon Basin". En: *Hydrological Processes* 23:3161-3167.

Carmenta, R., L. Parry, A. Blackburn, S. Vermeylen y J. Barlow
2011 "Understanding human-fire interactions in tropical forest regions: A case for interdisciplinary research across the natural and social Sciences". En: *Ecology and Society* 16.

Chen, J. L., C. R. Wilson y B. D. Tapley
2010 "The 2009 exceptional Amazon flood and interannual terrestrial water storage change observed by GRACE". En: *Water Resources Research* Vol. 46, w12526.

Chevallier, Pierre, Bernard Pouyaud, Wilson Suarez y Thomas Condom
2011 "Climate change threats to environment in the tropical Andes: glaciers and water resources". En: *Regional Environmental Change* Volume 11, Supplement 1:179-187.

Cochrane, M. A. y M. D. Schulze
1999 "Fire as a recurrent event in tropical forests of the eastern Amazon: effects on forest structure, biomass, and species composition". En: *Biotropica* 31:2-16.

Cochrane, M. A, A. Alencar, M.D. Schulze, C.M. Jr. Souza, D. C. Nepstad, P. Lefebvre y E. Davidson
1999 "Positive feedbacks in the fire dynamic of closed canopy tropical forests". En: *Science* 284:1832–1835.

Cochrane, M. A. y C.P. Barber
2009 "Climate change, human land use and future fires in the Amazon". En: *Global Change Biology* 15:601-612.

Coe, M. T., M. H. Costa, A. Botta y C. Birkett
2002 "Long term simulations of discharge and floods in the Amazon Basin". En: *Journal of Geophysical Research and Atmosphere* 107:8.044.

Costa, M. H. y J. A. Foley
2000 "Combined effects of deforestation and doubled atmospheric CO2 concentrations on the climate of Amazonia". En: *Journal of Climatology* 13: 18-34.

Cox, P. M., R. A. Betts, C. D. Jones, S. A. Spall e I. J. Totterdell
2000 "Acceleration of global warming due to carbon-cycle feedbacks in a coupled climate model". En: *Nature* 408:184-187.

Csiszar, I., A. Lynn, L. Giglio, B. Justice y J. Hewson
2005 "Global fire activity from two years of MODIS data". En: *International Journal of Wildland Fire* 14(4): 117-130.

Dunne, T., L. A. K. Mertes, R. H. Meade, J. E. Richey y B. R. Forsberg
1998 "Exchanges of sediment between the flood plain and channel of the Amazon River in Brazil". En: *Geological Society of America Bulletin*.

EFE/JORNADA/PIEB
2010 "Bolivia soporta una época de sequía dura con más de 47.000 incendios" (27/10)

Francou Bernard, Pierre Ribstein, Patrick Wagnon, Edson Ramírez y Bernard Pouyaud
2005 "Glaciers of the Tropical Andes: Indicators of Global Climate Variability". En: *Advances in Global Change Research* Volume 23, Part II: 197-204.

Githeko, A. K., S. W. Lindsay, U.E. Confalonieri y J. A. Patz
2000 "Climate change and vector-bone diseases: a regional analysis". En: *Bulletin of the World Health Organization* 78:1.136-1.147.

Grau, Héctor Ricardo y Thomas T. Veblen
2000 "Rainfall Variability, Fire and Vegetation Dynamics in Neotropical Montane Ecosystems in North-Western Argentina". En: *Journal of Biogeography* 27:1.107-1121.

Hanagarth, W. y S. G. Beck
1996. "Biogeographie der Beni-Savannen (Bolivien)". En: *Geographische Rundschau* 48 (11): 662-668. Citado en: Beck S. G., *et al.* 2008.

Hughes, R.F., J. B. Kauffman y D. L. Cummings
2000 "Fire in the Brazilian Amazon: Dynamics of biomass, C, and nutrient pools in regenerating forests". En: *Oecologia* 124: 574-588.

IFRCRCS
2010 *World Disasters Report 2010*. Lyon: IFRCRCS.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
2004 *Monitoramento da floresta amazônica brasileira por satéllite: 2002-2003*. Sao Paulo: INPE.

Inter Press Service
2010 "Bolivia: Amazonía boliviana a fuego lento" (29/08).

IPCC
2007 "Climate change 2007: the physical science basis". En: *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Nueva York: IPCC: 1-996
2001 *Climate Change 2001: IPCC Third Assessment Report. Working Group II: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge: Cambridge University Press, International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies (IFRCRCS)

ISDR – United Nations International Strategy for Disaster Reduction
2002 *Living with Risk. A Global Review of Disaster Reduction Initiatives*. Ginebra: ISDR.

Josse, C. *et al.*
2007 *Ecological Systems of the Amazon Basin of Peru and Bolivia. Clasification and Mapping*. Arlington: NatureServe.

Killeen, T.
2007 *Una tormenta perfecta en la Amazonía. Desarrollo y conservación en el contexto de la iniciativa para la integración de la infraestructura regional sudamericana (IIRSA)*. Arlington, Virginia: Conservación Internacional.

Langerwish, F., S. Rost, D. Gerter, B. Poulter, A. Rammig y W. Cramer
2012 "Potential effects of climate change on inundation patterns in the Amazon Basin". En: *Hydrology and Earth System Sciences Discussions* 9:261-300.

Lewis, S .L, P. M. Brando, O. L. Phillips, G. M. F. van der Heijden, y D. Nepstad
2011 "The 2010 Amazon drought". En: *Science* 331:534.

Maldonado, C. y S. G. Beck
2004 "Comunidades sucesionales a orillas del río Mamoré". En: M. Pouilly, S.G. Beck, M. Moraes y C. Ibañez (eds.), *Diversidad biológica en la llanura de inundación del río Mamoré. Importancia ecológica de la dinámica fluvial*. Santa Cruz, Bolivia: Fundación Simón I. Patiño: 167-192.

Malhi, Y. *et al.*
2002 "The energy and water dynamics of a central Amazonian rain forest". En: *Journal of Geophysical Research* 107: 1–17.

Malhi,Y., J. T. Roberts *et al.*
2008 "Climate change, deforestation, and the fate of the Amazon". En: *Science* 319: 169-172.

Marengo, J. A., C. A. Nobre *et al.*
2007 "The drought of Amazonia in 2005". En: *Journal of Climatology* 21: 495-516.

Ministerio de Medio Ambiente y Agua – MMAA
2009 *Estrategia nacional de educación y comunicación para el cambio climático*. La Paz: MMAA.

Navarro, G.
2002 "Vegetación". En G. Navarro y M. Maldonado (eds.), *Geografía ecológica de Bolivia: Vegetación y ambientes acuáticos*. Cochabamba, Bolivia: Centro de Ecología Simón I. Patiño.

Nobre, C.A., P. J. Sellers y J. Shukla
1991 "Amazonian deforestation and regional climate change". En: *Journal of Climate* 4: 957-988.

Orellana, M. R., S. G. Beck y L. Bourrel
2004 "Unidades mayores de vegetación de las sabanas". En: M. Pouilly, S.G. Beck, M. Moraes y C. Ibáñez, *Diversidad biológica en la llanura de inundación del río Mamoré. Importancia ecológica de la dinámica fluvial*. Santa Cruz, Bolivia: Fundación Simón I. Patiño: 141-166.

Oxfam
2009 *Bolivia. Cambio climático, pobreza y adaptación*. La Paz: Oxfam.

Phillips, O. L., L. E. O. C. Aragaõ *et al*.
2009 "Drought sensitivity of the Amazon rainforest". En: *Science* 323: 1.344-1.347.

Pouilly, M., S. G. Beck, M. Moraes y C. Ibáñez
2004 *Diversidad biológica en la llanura de inundación del Río Mamoré*. Cochabamba, Bolivia: Centro de Ecología Simón I. Patiño.

Ramos-Neto M. B. y V. R. Pivello
2000 "Lightning fires in a Brazilian savanna National Park: rethinking management strategies". En: *Environmental Management* 26: 675-684.

Rivera, W., C. Ugarte *et al*.
2008 *Propuesta para una Estrategia de Prevención y Control de Incendios en Áreas Protegidas de Interés Nacional del SNAP boliviano*. La Paz: SNAP.

Rodríguez-Motellano, A.
2011 *Cartografía de quemas e incendios forestales en Bolivia*. Santa Cruz: FAN.

Sanjinés, A. y S. G. Beck
2004 "Vegetación acuática y ribereña de las lagunas". En: M. Pouilly, S.G. Beck, M. Moraes y C. Ibáñez, *Diversidad biológica en la llanura de inundación del río Mamoré. Importancia ecológica de la dinámica fluvial*. Santa Cruz, Bolivia: Fundación Simón I. Patiño: 195-233.

Sears, Michael W., Evan Raskin y Michael J. Angilletta Jr.
2011 "A Synthetic Approach to the Response of Organisms to Climate Change: The Role of Thermal Adaptation. The World is not Flat: Defining Relevant Thermal Landscapes in the Context of Climate Change". En: *Integr. Comp. Biol*. 51(5): 666-675.

Sombroek, W.
2001 "Spatial and temporal patterns of Amazon rainfall - Consequences for the planning of agricultural occupation and the protection of primary forests". En: *Ambio* 30: 388-396.

Soruco, Álvaro, Christian Vincent, Bernard Francou y Javier Francisco González
2008 "Glacier decline between 1963 and 2006 in the Cordillera Real, Bolivia". En: *Geophysical Research Letters*, Vol. 36, L03502: 6.

Sorrensen, C.
2004 "Contributions of fire use study to land use/cover change frameworks: understanding landscape change in agricultural frontiers". En: *Human Ecology* 32:395-419.

Thomalla, F., T. Downing, E. Spanger-Siegfried, G. Han y J. Rockström
2006 "Reducing hazard vulnerability: towards a common approach between disaster risk reduction and climate adaptation". En: *Disasters* 30:39-48.

Timmermann, A. J., A. Oberhuber *et al*.
1999 "Increased El Niño frequency in a climate model forced by future greenhouse warming". En: *Nature* Vol. 398:694-697.

United Nations Environment Program – UNEP
2002 *Spreading like wildfire – tropical forest fires in Latin America and the Caribbean: prevention, assessment and early warning*. Panamá: UNEP, Regional Office for Latin America and the Caribbean

Walker, R.T.
2003 "Mapping process to pattern in the landscape change of the Amazonian Frontier". En: *Annals of the Association of American Geographers* 93: 376-398.

Williams, J. W., S. T. Jackson y J. E. Kutzbach
2007 "Projected distributions of novel and disappearing climates by 2100 AD". En: *PNAS* 104: 5738–5742.

Páginas web

ftp://ba1.geog.umd.edu

http://lance-modis.eosdis.nasa.gov/imagery/subsets/?subset=FAS_Bolivia

http://modis-fire.umd.edu/BA_getdata.html

http://noticias-ambientales-internacionales.blogspot.com/2010/09/incendios-en-bolivia-por-una-fuerte.html

http://reliefweb.int/node/267327

http://reliefweb.int/node/267327

http://saludpublica.bvsp.org.bo/cgi/sys/s2a.xic?DB=ByS2=2yS11=21025yS22=b

http://www.bbc.co.uk/mundo/america_latina/2010/08/100819_bolivia_fuego_incendios_amazonia_rg.shtml

http://www.bolpress.com/art.php?Cod=2010082301

http://www.bolpress.com/art.php?Cod=2010082305

http://www.bolpress.com/art.php?Cod=2010082305

http://www.bolpress.com/art.php?Cod=2010082601

http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/

http://www.fmbolivia.com.bo/noticia49194-beni-prosigue-la-emergencia-por-inundaciones-sequias-e-incendios.html

http://www.lostiempos.com

http://www.lostiempos.com/diario/actualidad/local/20100819/cancelan-vuelos-hacia-el-oriente-por-fuerte_85822_163885.html

http://www.lostiempos.com/diario/actualidad/nacional/20071003/densa-humareda-cubre-gran-parte-del-pais_20103_ 24373.html

http://www.lostiempos.com/diario/actualidad/nacional/20100701/en-junio-se-registraron-752-focos-de-calor_78193_147403.html

http://www.lostiempos.com/diario/actualidad/nacional/20100813/registran-mas-de-17-mil-focos-de-calor-en-el-pais_84939_ 162013.html

http://www.lostiempos.com/diario/actualidad/nacional/20100816/incendios-forestales-provocan-400-focos-de-calor-en_85369_162971.html

http://www.lostiempos.com/diario/actualidad/nacional/20100818/incendios-en-santa-cruz-dejan-cuatro-municipios-en-emergencia-y-60_85704_163645.html

http://www.lostiempos.com/diario/actualidad/nacional/20100825/gobierno-preve-revertir-tierras-%E2%80%9Cchaqueadas%E2%80%9D_86645_165705.html

http://www.lostiempos.com/diario/actualidad/nacional/20101007/gobierno-declara-al-beni-como-zona-de-emergencia-por-sequia-y-focos-de_93126_179612.html

http://www.lostiempos.com/diario/actualidad/nacional/20110923/beni-en-alerta-naranja-por-la-sequia-e-incendios_142928_294307.html

http://www.tutiempo.net/clima/Bolivia/BO.html

www.redbolivia.com

Autores

Mario Jorge Baudoin Weeks

Ha estudiado Biología en la CUNY y tiene una maestría y un doctorado por la Universidad de Michigan. Ha sido profesor de la Universidad Nacional de Costa Rica y de la UMSA, director del Instituto de Ecología y coordinador del Centro de Postgrado en Ecología y Conservación del Instituto de Ecología. Ha trabajado como director nacional de Áreas Protegidas y Vida Silvestre, como director general de Biodiversidad y como director ejecutivo del Museo Nacional de Historia Natural. Entre sus publicaciones figuran: "Co-management of National Protected Areas: Lessons Learned From Bolivia", en *Journal of Sustainable Forestry*, 2010, en coautoría con D. Mason y H. Kammerbauer; *Lineamientos para la Elaboración de una estrategia nacional de conservación y uso sostenible de la Biodiversidad,* Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, 1997, en coautoría con R. España.

Alejandra Domic Rivadeneira

Licenciatura en Biología en la UMSA. Tiene un doctorado en Ecología, Evolución y Sistemática por la Saint Louis University, EE UU. Actualmente es investigadora asociada del Herbario Nacional de Bolivia. Trabaja en ecología, conservación de la biodiversidad y cambio climático. Es coautora de la guía de campo *El Parque Nacional Sajama y sus plantas* y recientemente editó y publicó el libro *Biodiversidad y conservación: una guía informativa*.

Wendy Tejeda Pérez

Licenciado en Biología de la UMSA, actualmente cursa la maestría Teledetección Espacial y Sistemas de Información Geográfica Aplicadas a la Ciencia de la Tierra de la Carrera de Ingeniería Geográfica de la UMSA. Trabajó aplicando SIG en varios proyectos de ecología y conservación en el Centro de Análisis Espacial del Instituto de Ecología de la UMSA (2005-2009). Actual presidenta de la Asociación para la Biología de la Conservación-Bolivia. Coautora del artículo "Distribución potencial de los parientes silvestres del cacao (*Theobroma,* spp.), en Bolivia", *Revista de Agricultura* y autora del capítulo "Efectos del Cambio Climático en la Biodiversidad" en el libro *Biodiversidad y conservación: una guía informativa*.

Noel Ortuño Riveros

Licenciatura en Biología en la UMSA. Es técnico en SIG del Centro de Análisis Espacial del Instituto de Ecología (CAE - IE) en temas Socioambiental y Ecología y especialista en SIG para la empresa constructora de caminos CPS-BELMONTE. Participó en diversos proyectos, como "Establecimiento de un sistema de información estratégica de conservación y desarrollo del norte paceño", "Elaboración y difusión del plan de adaptación y mitigación al cambio climático a escala municipal" con el Grupo Nacional de Trabajo para la Participación, entre otros.

Arely Palabral Aguilera

Licenciatura en Biología en la UMSA; tiene una maestría en Medio Natural, Cambio Global y Sostenibilidad Socio-ecológica por la Universidad Internacional de Andalucía, España. Colaboró en la publicación de *Biodiversidad y Conservación en Bolivia: Una Guía Informativa* y publicó "Herbivoria en distintas etapas de vida de *Virola sebifera* comparando bosques con y sin tala reciente"en la *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental.*

Edson Ramírez Rodríguez

Ingeniería Civil en la UMSA, con mención de Hidráulica e Hidrología, tiene una maestría en Hidrología, Hidrogeología, Geoestadística y Geoquímica de Aguas por la Universidad Pierre et Marie Curie, París y un doctorado en Geociencias y Recursos Naturales por la misma universidad. Actualmente es docente-investigador del Instituto de Hidráulica e Hidrología (IHH) de la UMSA y responsable del Laboratorio de Teledetección y Fotogrametría Digital.

Rolando Bustillos Cayoja

Licenciado en Biología de la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno (UAGRM), tiene una maestría en Conservación de la Biodiversidad, Diseño e Implementación de Áreas Protegidas. Fue técnico de capacitación en "Manejo de recursos naturales" para las comunidades de Baures y Bellavista en la Prefectura del Beni. Publicó "Alteración de las especies de micromamíferos en bosque con tala y sin tala de *Swietenia macrophylla* del río Mataracu del Parque Nacional Amboró" en la *Revista Técnica de FAN* y "Estado de conservación y factores de presión que afectan a las especies silvestres del género *Manihot* en Bolivia" en el *Boletín Agrobiológica*.

Javier Calderón Russo

Licenciado en Biología de la UMSA. Participó en proyectos ejecutados por el Centro de Análisis Espacial del Instituto de Ecología de la UMSA (2005-2008). Fue consultor en la empresa CPS-BELMONTE apoyando en SIG para el diseño de tres carreteras en Bolivia; actualmente trabaja con el equipo de la Asociación para la Conservación de la Amazonía como coordinador del área de recursos naturales y SIG. Realizó diversas consultorías en el campo del medio ambiente y el cambio climático para entidades gubernamentales y no gubernamentales.